

TIEDTKE - BÜHLING - KINNE - GRUPE
PELLMANN - GRAMS - STRÜF
3522849

VERTEILER BEI EPA
Dipl.-Ing. H. Tiedtke
Dipl.-Chem. G. Bühling
Dipl.-Ing. R. Kinne
Dipl.-Ing. P. Grupe
Dipl.-Ing. B. Pellmann
Dipl.-Ing. K. Grams
Dipl.-Chem. Dr. B. Strüf

Bavaria 4, Postfach 20 24 03
8000 München 2
Tel.: 089-539653
Telex: 5-24845 (ipal)
Telecopier: 089-537377
cable: Germanipatent München
26. Juni 1985
DE 4957

DE 3522849 A 1

Offenlegungsschrift
DE 3522849 A 1

DEUTSCHES PATENTAMT

Behördenempfang

DE 3522849 A 1

Erfinder:
Hoashi, Hiroaki, Kawasaki, Kanagawa, JP; Taniguchi, Naosato; Endo, Kiyonobu; Kuwayama, Tetsuro; Osawa, Hiroshi, Yokohama, Kanagawa, JP; Nakamura, Yasuo, Tokio/Tokyo, JP

Anmelder:
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP; Canon Denshi K.K., Chichibu, Saitama, JP

Vertreter:
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.; Kinne, R., Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.; Grams, K., Dipl.-Ing.; Strüf, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

Optischer Kopf

Die Erfindung bezieht sich auf einen optischen Kopf, der eine Lichtquelle, eine Kondensoranordnung zur Konzentration eines von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahls auf ein optisches Aufzeichnungsmedium, einen Strahlungsempfänger zur Erfassung des vom Aufzeichnungsmedium reflektierten Lichts des Lichtstrahls sowie einen Strahlenteiler mit einem Beugungsgitter umfasst, das im Strahlengang des von der Lichtquelle auf das Aufzeichnungsmedium tretenden Lichtstrahls längs einer im wesentlichen rechtwinklig zur optischen Achse des auffallenden Lichtstrahls liegenden Ebene angeordnet ist und bewirkt, daß das vom Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht an diesem Gitter gebeugt und zum Strahlungsempfänger gerichtet wird.

Patentansprüche

1. Optischer Kopf, gekennzeichnet
- durch eine Lichtquelle (71),
 - durch eine einen von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahl auf ein optisches Aufzeichnungsmedium (80, 100) konzentrierende Kondensoranordnung (78),
 - durch einen das vom Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht des Lichtstrahls erfassenden Strahlungsempfänger (83, 86) und
 - durch einen Strahlenteiler (73, 93, 103, 113, 123, 133, 143, 153, 163, 173, 183, 193, 203, 293, 303, 323, 343, 360, 383, 393, 403, 423, 433, 443), der ein im Strahlengang des von der Lichtquelle auf das Aufzeichnungsmedium auffallenden Lichtstrahls längs einer im wesentlichen zur optischen Achse dieses auffallenden Lichtstrahls rechtwinkligen Ebene angeordnetes Beu-

gungsgitter (75, 95, 105, 115, 125, 135, 145, 154, 155, 164, 165a, 165b, 174, 175, 176, 184, 185a, 185b, 194, 195a, 195b, 196, 205, 301, 302a, 302b, 325, 345, 361, 385, 395, 405, 425, 435, 445) hat, so daß das vom Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht einer Beugung und einer Lenkung zum Strahlungsempfänger durch das Beugungsgitter unterliegt.

2. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter des Strahlenteilers ein Echelette-Beugungsgitter ist, das ein erstes sowie zweites transparentes Bauteil (231, 232) von im wesentlichen gleichem Brechungsindex umfaßt, wobei wenigstens eines der transparenten Bauteile eine Mehrzahl von geneigten Flächen umfaßt und eine Spiegelschicht (233) mit Polarisationsabhängigkeit an der Grenzfläche zwischen den transparenten Bauteilen vorgesehen ist.

3. Optischer Kopf nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (71) ein linear polarisiertes Licht aussendet und zwischen dem Strahlenteiler sowie dem Aufzeichnungsmedium eine Phasenplatte (77) angeordnet ist.

4. Optischer Kopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Aufzeichnungsmedium (80, 100) ein magnetooptisches Aufzeichnungsmedium ist und daß das Beugungsgitter (205) des Strahlenteilers (203) ein Raumbeugungsgitter ist, das das vom Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht unter einem Winkel beugt, der in einem der Bereiche von $20^\circ - 80^\circ$ und $100^\circ - 150^\circ$ liegt.

5. Optischer Kopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Raumbeugungsgitter (205) das reflektierte Licht unter einem Winkel beugt, der in einem der Bereiche von $33^\circ - 72^\circ$ und $108^\circ - 147^\circ$ liegt.

6. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter (115) eine Linsenwirkung zur Änderung der Wellenflächengestalt bei der Beugung des reflektierten Lichts und zur Divergierung oder Konvergierung des reflektierten Lichts hat.

7. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter des Strahlenteilers (133, 143, 153, 163, 173, 183, 193, 303, 360) in eine Mehrzahl von Bereichen (135a, 135b, 145a, 145b, 154, 155, 164, 165a, 165b, 174, 175, 176, 184, 185a, 185b, 194, 195a, 195b, 196, 301, 302a, 302b, H, I, J) unterteilt ist, an denen unterschiedliche Gitterstrukturen ausgebildet sind.

8. Optischer Kopf nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter (135, 145) zwei durch ein Segment (AA'), das mit der Richtung einer Erstreckung einer an dem Aufzeichnungsmedium gebildeten Spur zusammenfällt, geteilte Bereiche hat, daß der Strahlungsempfänger zwei Lichtempfangsteile (136, 137) zur Erfassung der von den beiden Bereichen gebeugten Lichtstrahlen hat und daß eine Einrichtung (138, 139, 140) zur Differenzierung der Ausgangssignale der Lichtempfangsteile sowie zum Erlangen eines Nachfühlersignals (I_T) vorhanden ist.

9. Optischer Kopf nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsempfänger zwei Lichtempfangsteile (136, 137) zur Erfassung des von einem der geteilten

Bereiche gebeugten Lichts hat und daß eine Einrichtung zur Differenzierung der Ausgangssignale der Lichtempfangsteile und zur Erlangung eines Fokusfehlersignals (I_p) vorhanden ist.

10. Optischer Kopf nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Aufzeichnungsmedium ein magnetooptisches Aufzeichnungsmedium ist, daß der Strahlungsempfänger zwei Lichtempfangsteile (367, 368) zur Erfassung der von den zwei Bereichen gebeugten Lichtstrahlen hat, daß zwei Polarisationsplatten (365, 366) mit unterschiedlichen azimutalen Transmissionsachsen in den Strahlengängen der von den Lichtempfangsteilen erfaßten Lichtstrahlen angeordnet sind und daß Einrichtungen (370) zur Differenzierung der Ausgangssignale der Lichtempfangsteile vorhanden sind.

11. Optischer Kopf nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Bereiche durch ein Segment (AA'), das mit der Richtung einer Erstreckung einer an dem Aufzeichnungsmedium gebildeten Spur zusammenfällt, geteilt sind und daß der Strahlungsempfänger eine Einrichtung zur Frequenztrennung der differenzierten Signale sowie zur Erlangung eines Informationssignals (S) und eines Nachtührfehlersignals (AT) aufweist.

12. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler (113, 123, 133, 293, 303, 343) in ebener Form ausgebildet ist und das vom Beugungsgitter (115, 125, 135, 291, 315, 345) gebeugte Licht durch den Strahlenteiler unter sich wiederholender Totalreflexion in einer Wellenform wandert.

13. Optischer Kopf nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsempfänger (86, 136, 137) an einer Stirnfläche des Strahlenteilers angeordnet ist.

14. Optischer Kopf nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Aufzeichnungsmedium ein magnetooptisches Aufzeichnungsmedium ist und daß eine Änderung des Polarisationszustandes des gebeugten Lichts unterbindende Spiegelschicht (350, 351) an der Fläche des Strahlenteilers (343), an der die Totalreflexion des gebeugten Lichts auftritt, ausgebildet ist.

15. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtempfangsfläche des Strahlungsempfängers derart ausgebildet ist, daß die Länge in einer Richtung, in der das vom Beugungsgitter gebeugte Licht durch die Wellenlängenschwankung der Lichtquelle wandert, größer ist als die Länge in einer dazu rechtwinkligen Richtung.

16. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches System zwischen dem Beugungsgitter und dem Strahlungsempfänger vorgesehen ist, das das vom Beugungsgitter gebeugte Licht in einer Richtung, in der das gebeugte Licht durch die Wellenlängenschwankung der Lichtquelle wandert, von einer dazu rechtwinkligen Richtung vermindert und konzentriert.

17. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein das von der Lichtquelle (71) ausgesandte Licht ablenkendes Prisma (380, 400) einstückig mit dem Strahlenteiler (383, 403) ausgebildet ist.

18. Optischer Kopf nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler (403) ein in einem Spritz- oder Druckformvorgang ausgebildetes Beugungsgitter (405)

3522849

der Relief-Bauart an einer Fläche des Prismas (400) hat.

19. Optischer Kopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein das von der Lichtquelle (71) ausgesandte Licht kollimierendes Kollimatorobjektiv (426) einstückig mit dem Strahlenteiler (423) ausgebildet ist.

20. Optischer Kopf nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler (423) ein in einem Spritz- oder Druckformvorgang ausgebildetes Beugungsgitter (425) der Relief-Bauart an einer Fläche des Kollimatorobjektivs hat.

Canon Kabushiki Kaisha
Tokio, Japan

und

Canon Denshi Kabushiki Kaisha
Chichibu-shi, Japan

Optischer Kopf

Die Erfindung bezieht sich auf einen optischen Kopf zum Aufbringen von Licht auf die Informationsaufzeichnungsfläche eines Informationsträgers und zum Ausführen einer Erfassung oder Aufzeichnung einer Information. Insbesondere ist die Erfindung auf einen optischen Kopf, der eine kompakte Ausbildung und ein geringes Gewicht hat sowie für Massenproduktion geeignet ist, abgestellt.

Zur Erläuterung des Standes der Technik, von dem die Erfindung ausgeht, wird auf die Fig. 1 - 5 der beigefügten Zeichnungen Bezug genommen. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines optischen Kopfes nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine schematische Darstellung für den Aufbau eines

Polarisationsstrahlenteilers des in Fig. 1 gezeigten optischen Kopfes;

Fig. 3 bis 5 schematische Darstellungen für weitere Beispiele von optischen Köpfen nach dem Stand der Technik.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten optischen Kopf tritt ein divergenter Lichtstrahl von einer Laser-Lichtquelle 1 in ein Kollimatorobjektiv 2 ein, er wird zu einem parallelen Lichtstrahl und tritt in einen Polarisationsstrahlenteiler 3 ein, der eine solche Durchlässigkeitscharakteristik hat, daß er nahezu 100% eines linear polarisierten Lichts, das eine Schwingungsebene in einer bestimmten Richtung hat, durchläßt und nahezu 100% eines linear polarisierten Lichts, das eine rechtwinklig zu dieser bestimmten Richtung verlaufende Schwingungsebene hat, reflektiert. Das durch diesen Strahlungsteiler 3 übertragene, linear polarisierte Licht tritt durch ein $\lambda/4$ -Plättchen 4 und wird zu einem zirkular polarisierten Licht, es wird auf eine auf dem Substrat 6 eines Aufzeichnungsträgers ausgebildete Informationsaufzeichnungsfläche 7 durch eine Objektlinse 5 konzentriert und bildet darauf einen Fleck mit einem Durchmesser von etwa $1\text{ }\mu\text{m}$. Der von der Aufzeichnungsfläche 7 reflektierte Lichtstrahl geht durch die Objektlinse 5, er wird zu einem parallelen Lichtstrahl, er tritt durch das $\lambda/4$ -Plättchen 4, wird zu einem linear polarisierten Licht mit einer Schwingungsebene, die rechtwinklig zu derjenigen während des Einfallens ist, und tritt wieder in den Polarisationsstrahlenteiler 3 ein, der auf Grund seiner oben angegebenen Charakteristik das von der Aufzeichnungsfläche 7 zurückgeworfene Licht reflektiert und vom einfallenden Licht trennt. Dieses abgetrennte Licht wird durch ein Fühler-Objektiv 8 und eine Zylinderlinse 9 einem Strahlungsempfänger 10 als ein konvergenter Lichtstrahl zugeleitet.

ORIGINAL INSPECTED

Um unter Verwendung eines solchen optischen Kopfes eine Information aufzuzeichnen, werden die Laser-Lichtquelle 1 in Übereinstimmung mit einem Informationssignal erregt und das auf die Aufzeichnungsfläche 7 fallende Licht moduliert, wodurch das Aufzeichnen bewirkt wird. Um eine Information zu erfassen, wird auf die Aufzeichnungsfläche 7, die die Information trägt, ein unmoduliertes Licht durch ein konkav-konvexes Grübchen oder eine Änderung im Reflexionsgrad aufgebracht, und das durch die aufgezeichnete Information einer Modulation unterworfen reflektierte Licht wird vom Strahlungsempfänger 10 erfaßt, so daß die Information wiedergegeben wird.

Wenn die magnetisch auf die Informationsaufzeichnungsfläche aufgebrauchte Information unter Anwendung des magnetooptischen Effekts ausgelesen werden soll, so wird anstelle des oben erwähnten Strahlenteilers 3 und des $\lambda/4$ -Plättchens 4 ein Polarisationsstrahlenteiler 11, wie er in Fig. 2 gezeigt ist, verwendet. Dieser Strahlenteiler 11 umfaßt rechtwinklige Prismen 12 und 13 sowie eine Spiegelschicht 14, die so ausgebildet ist, daß sie P-polarisiertes und S-polarisiertes Licht mit einem geeigneten Prozentsatz reflektiert oder durchläßt. Was beispielsweise das P-polarisierte Licht 15, das in den Polarisationsstrahlenteiler 11 eintritt, angeht, so wird 30% dessen Energie von der Spiegelschicht 14 reflektiert und wird zu einem Lichtstrahl 17, während ein Lichtstrahl 16 der restlichen 70% durchgelassen und mittels einer (nicht gezeigten) Objektlinse auf die Aufzeichnungsfläche eines magnetooptischen Aufzeichnungsmediums konzentriert wird. Ein reflektiertes Licht 18, dessen Polarisationssebene in Übereinstimmung mit der Information auf der Aufzeichnungsfläche gedreht ist (Kerr-Drehung), tritt wieder in den Strahlenteiler 11 ein. Die durch die Kerr-Drehung modulierte Komponente ist ein S-polarisiertes Licht und wird mit nahezu 100% durch die Spiegelschicht 14 reflektiert. Andererseits werden 70% der P-polarisier-

ten Komponente des reflektierten Lichts 18 durch die Spiegelschicht 14 durchgelassen, während die restlichen 30% an der Spiegelschicht 14 reflektiert und zusammen mit der S-polarisierten Komponente (Lichtstrahl 20) dem Strahlungsempfänger zugeleitet werden. Durch das auf diese Weise erfolgte Vergrößern der modulierten Komponente (S-polarisiertes Licht) in bezug auf das auffallende Licht (P-polarisiertes Licht) wird scheinbar der Winkel der Kerr-Drehung vergrößert und ein Signalauslesen mit einem hohen Störabstand (Verhältnis von Stör- zu Nutzsignal) ermöglicht.

Bei einem optischen Kopf wird auch ein Selbstfokussieren bewirkt, um den Lichtstrahl von der Lichtquelle immer auf die Aufzeichnungsfläche scharf einzustellen und auf dieser die Information mit hoher Dichte aufzuzeichnen sowie die mit hoher Dichte aufgezeichnete Information zu erfassen. Bei dem in Fig. 1 gezeigten optischen Kopf kommt das herkömmliche Astigmatismungsverfahren zur Anwendung. Die Zylinderlinse 9 bewirkt, daß das reflektierte Licht einen Astigmatismus hervorruft. Auch ist bei dem Strahlungsempfänger 10 die Lichtempfangsfläche in vier Teile geteilt und so angeordnet, daß am Strahlungsempfänger 10 eine zirkulare Lichtmengenverteilung erzeugt wird, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 7 in der fokussierten Lage der Objektlinse 5 ist, d.h., wenn der Lichtfleck auf eine vorbestimmte Größe in der Größenordnung von $1\text{ }\mu\text{m}$ auf der Aufzeichnungsfläche 7 abgeblendet ist. Das hat zum Ergebnis, daß dann, wenn die Aufzeichnungsfläche von der Lage des Brennpunkts der Objektlinse 5 vor- und zurückbewegt wird, die Lichtmengenverteilung am Strahlungsempfänger 10 sich zu einer elliptischen Gestalt, deren Hauptachsen zueinander rechtwinklig sind, ändert. Demzufolge wird durch Vergleich der Lichtempfangsflächen des Strahlungsempfängers 10 und Erfassen der Änderung in der Lichtmengenverteilung ein Brennpunktfehlersignal erhalten und die Objek-

ktivlinse 5 in der Richtung der optischen Achse durch einen (nicht gezeigten) Stellantrieb in Übereinstimmung mit dem Brennpunktfehlersignal bewegt, so daß eine Selbstfokussierung bewerkstelligt wird.

Jedoch benötigt der oben beschriebene herkömmliche optische Kopf ein Fühler-Objektiv od. dgl., was eine kompakte Ausbildung und niedrige Kosten für diese Vorrichtung unmöglich macht. Auch ist es, um ein gutes Signal vom Strahlungsempfänger zu erhalten, notwendig, ein optisches Element, wie das Fühler-Objektiv od. dgl., an einer genauen Stelle und mit einem exakten Winkel in bezug auf die optische Achse des erfaßten Lichts anzuordnen, was den Zusammenbau und die Einstellung (Justierung) der Vorrichtung kompliziert macht. Ferner werden die erwähnten Polarisationstrahlenteiler 3 und 11 dadurch gefertigt, daß man die einander gegenüberliegenden Flächen von zwei Prismen miteinander verbindet, wofür eine komplizierte Tätigkeit und Justierung erforderlich ist, was den Nachteil zur Folge hat, daß es schwierig ist, die Kosten für den optischen Kopf zu senken. Auch sind diese Polarisationsstrahlenteiler im wesentlichen würfelförmig, was ein Faktor ist, der ein Verringern der Dickenabmessungen behindert, wenn derartige Strahlenteiler in einem optischen Kopf od. dgl. verwendet werden.

Ein optischer Kopf, der das oben erwähnte Fühler-Objektiv od. dgl. nicht erfordert, ist durch die JP-Patent-Offenlegungsschrift 8145/1984 vorgeschlagen worden. Hierbei ist die verbundene Fläche eines prismenartigen Strahlenteilers gekrümmt und mit einer Kondensorwirkung wie ein konvexer Spiegel ausgestattet. Wenn dieser Strahlenteiler gefertigt wird, so müssen jedoch Prismen, die jeweils eine konvexe bzw. konvexe Fläche haben, einzeln poliert und dann zusammengesetzt werden, was aber für eine Massenproduktion

untauglich ist. Ferner ist eine Spiegelschicht mit polarisierter Lichtabhängigkeit an der Verbindungsfläche des Strahlenteilers vorgesehen; wenn jedoch die Verbindungsfläche als eine sphärische oder zylindrische Fläche ausgebildet wird, so ist der Lichteinfallswinkel auf diese Fläche von Ort zu Ort unterschiedlich, womit sich die Polarisationseigenschaften veränderten. Von einer solchen Konstruktion kann folglich eine strikte Abhängigkeit vom polarisierten Licht nicht erwartet werden.

Andererseits sind Beispiele, bei denen anstelle des oben erwähnten Strahlenteilers der Prismenbauart ein Beugungsgitter der Raumbauart zur Anwendung kommt, in der *Optik* (Optische Zeitschrift US 508/1982 und in der US-PS 3 622 220 beschrieben.

Ein optischer Kopf, bei dem ein solches Raumbewegungsgitter verwendet wird, ist in Fig. 3 gezeigt. Hier tritt ein von einer Lichtquellenbaueinheit 21, die eine Laser-Lichtquelle und ein Kollimatorobjektiv umfaßt, ausgesandter paralleler Lichtstrahl 22 in ein Raumbewegungsgitter 23 ein, das unter einem Winkel von 45° mit Bezug zu diesem Lichtstrahl angeordnet ist. Der Lichtstrahl 22 ist S-polarisiertes Licht mit einer Schwingungsebene, die rechtwinklig zur Zeichnungsebene von Fig. 3 gerichtet ist. Das Raumbewegungsgitter 23 hat eine Teilung von im wesentlichen gleich $\lambda/1,414$, wobei λ die Wellenlänge des auftretenden Lichts ist, und es lenkt den Lichtstrahl 22 mit einem Beugungswinkel von 90° ab. Hierbei ist der Beugungswinkel für S-polarisiertes Licht annähernd 100% , der Beugungswinkel für P-polarisiertes Licht ist annähernd 0% . Demzufolge wird der Lichtstrahl 22 beinahe gebeugt und durch ein $\lambda/4$ -Plättchen 24 geschickt, wobei er zu einem zirkular polarisierten Licht wird und mit Hilfe einer Objektlinse 25 einen Fleck auf der Informationsaufzeichnungsfläche 27 einer optischen Scheibe oder Platte 26 bildet.

Eine Information wird auf der Aufzeichnungsfläche 27 durch eine Änderung im Reflexionsgrad aufgezeichnet, und das davon reflektierte Licht wird einer Lichtmodulationsmodulation in Übereinstimmung mit dieser Information unterworfen. Dieses reflektierte Licht tritt durch die Objektlinse 25 sowie das $\lambda/4$ -Plättchen, es wird zu P-polarisiertem Licht und tritt in den Strahlungsempfänger 28 ohne eine Beugung durch das Beugungsgitter 23 ein, so daß die Information gelesen wird.

Da jedoch bei der in Fig. 3 gezeigten Konstruktion der Beugungswinkel des Raumbewegungsgitters mit annähernd 90° festgesetzt ist, kann diese Konstruktion nicht dazu verwendet werden, eine Information von einem magneto-optischen Aufzeichnungsmedium zu lesen. Der Grund hierfür wird im folgenden erläutert. Wenn auf der Informationsaufzeichnungsfläche 27 (Fig. 3) eine Information magnetisch aufgezeichnet wird, dann wird das $\lambda/4$ -Plättchen aus dem Strahlengang genommen. Das vom Beugungsgitter eintretende S-polarisierte Licht wird als ein Lichtstrahl reflektiert, dessen Polarisationsebene um denselben Wert in der umgekehrten Richtung in Abhängigkeit davon, ob die Magnetisierungsrichtung der Aufzeichnungsfläche 27 auf- oder abwärts gerichtet ist, gedreht worden ist (Kerr-Drehung). Dieser Winkel der Kerr-Drehung ist ein kleiner Winkel in der Größenordnung von 1° und insofern ist der größte Teil des reflektierten Lichts eine S-Komponente und schließt geringe P-Komponenten mit unterschiedlicher Richtung sowie gleicher Größe ein. Da das Beugungsgitter 23 einen Beugungswinkel von 90° hat, wird die S-Komponente dieses reflektierten Lichts fast zur Lichtquellenbaueinheit 21 hin gebeugt. Andererseits wird nur die durch die Kerr-Drehung erzeugte P-Komponente intakt durchgelassen und tritt in den Strahlungsempfänger 28 ein. Wie vorher gesagt wurde, sind die P-Komponenten entsprechend der Magnetisierungsrichtung in ihrer Richtung

genau entgegengesetzt sowie von gleicher Größe, weshalb, selbst wenn ein Analysator vor dem Strahlungsempfänger 28 unter irgendeinem Azimutwinkel angeordnet wird, die durchgelassene Lichtmenge ungeachtet der Magnetisierungsrichtung dieselbe ist und die Information nicht gelesen werden kann. Somit ist ein Strahlenteiler mit einer geeigneten, angemessenen Polarisationscharakteristik für das Lesen einer Information auf einem magneto-optischen Aufzeichnungsmedium unabhängig notwendig, jedoch ist bei der Konstruktion nach dem Stand der Technik ein solcher Strahlenteiler nicht verwirklicht.

Auch bilden bei dem herkömmlichen optischen Kopf das auffallende und das reflektierte Licht einen Winkel von 90° miteinander innerhalb des Raumbiegungsgitters. Insofern wird in der gewöhnlichen Form das auffallende Licht an der Fläche des Beugungsgitters total reflektiert; deshalb muß, obwohl das in Fig. 3 nicht, jedoch in der erwähnten US-PS 3 622 220 gezeigt ist, eine Konstruktion, bei der ein Raumbiegungsgitter zwischen rechtwinkligen Prismen angeordnet ist, angewendet werden, was es unmöglich macht, in ausreichendem und zufriedenstellendem Maß von solchen Merkmalen, wie Kompaktheit und geringes Gewicht, die einem Beugungsgitter eigen sind, den besten Nutzen zu ziehen.

Die Fig. 4 zeigt ein Beispiel für einen herkömmlichen optischen Kopf, der Gegenstand der JP-Patent-Offenlegungsschrift 64 335/1982 ist. Hierbei wird ein von einem Halbleiterlaser 31 ausgesandtes Licht durch ein Kollimatorobjektiv 32 kollimiert und durch eine Objektivlinse 35 auf eine Informationsaufzeichnungsfläche 37 an einem Substrat 36 konzentriert. Für das Lesen des Signals an der Aufzeichnungsfläche 37 wird von einem sog. Scoop-System Gebrauch gemacht, wobei die Änderung im Ausgang des Halbleiterlasers 31, die durch eine Änderung in der Menge des von der

Aufzeichnungsfläche 37 reflektierten und zum Halbleiterlaser 31 auf dem gleichen Strahlengang wie während des Auffallens zurückkehrenden Rückstrahllicht bewirkt wird, durch einen Überwachungsfühler 45 erfaßt wird. Auch bedeckt ein Fühler-Objektiv 41 mit einer Brennweite f einen Teil der Pupillenebene der Objektivlinse 35, so daß ein Teil 46 des von der Aufzeichnungsfläche reflektierten Lichts durch das Fühler-Objektiv 41 zu einem konvergenten Lichtstrahl 47 ausgebildet wird, der in den zweiteiligen Strahlungsempfänger 42 eintritt. Wenn die Aufzeichnungsfläche 37 fern von oder nahe der Lage des Brennpunkts der Objektivlinse 35 ist, so bewegt sich der konvergente Lichtstrahl 47 am Strahlungsempfänger 42 nach rechts und links. Durch Subtraktion der Ausgänge der geteilten Lichtempfangsflächen mit Hilfe eines Subtraktionsglieds 43 wird ein Fokusfehlersignal erhalten, durch das ein Fokussierungsantrieb 44 gesteuert wird, so daß eine Selbstfokussierung bewirkt wird, um zu gewährleisten, daß das auffallende Licht auf die Aufzeichnungsfläche 37 fokussiert wird.

Bei der in Fig. 4 gezeigten Vorrichtung wird der außer-axiale Lichtstrahl der Objektivlinse herausgenommen, der erfaßte Lichtstrahl wirkt in hohem Maß auf die Brennpunktabweichung und somit kann eine Fokusfehlererfassung mit hoher Empfindlichkeit bewerkstelligt werden. Andererseits wird jedoch der in die Objektivlinse 35 vom Halbleiterlaser 31 eintretende Lichtstrahl durch das Fühler-Objektiv 41 abgedeckt und verformt, was zu einem Nachteil insofern geführt hat, als der Fleck auf der Aufzeichnungsfläche 37 groß wird.

Bei dem in Fig. 5 gezeigten herkömmlichen optischen Kopf, der zum Lesen einer Information von einem magneto-optischen Aufzeichnungsmedium verwendet wird, wird ein von einem Halbleiterlaser 51 ausgesandter Lichtstrahl durch ein

Kollimatorobjektiv 52 in einen parallelen Lichtstrahl umgewandelt. Dieser parallele Lichtstrahl geht dann durch einen Strahlenteiler 53 und wird mittels einer Objektivlinse 54 zu einem Fleck mit einem Durchmesser von etwa $1\text{ }\mu\text{m}$ auf ein Aufzeichnungsmedium 55 konzentriert. Bei dem vom Aufzeichnungsmedium 55 reflektierten Lichtstrahl wird seine Polarisationsebene einer Modulation durch den Kerr- und den Faraday-Effekt unterworfen. Dieser Lichtstrahl tritt wieder durch die Objektivlinse 54 und wird vom einfallenden Lichtstrahl durch den Strahlenteiler 53 getrennt. Der abgetrennte Lichtstrahl wird durch einen zweiten Strahlenteiler 56 teilweise reflektiert und geht durch ein Linsensystem 57 zum Eintritt in einen optischen Fühler 58. Das Linsensystem 57 ist ein herkömmliches System, z.B. ein astigmatisches System, ein Schneidensystem oder ein Fokusprismensystem, von dem die Information über den Abstand zwischen dem Aufzeichnungsmedium 55 und der Objektivlinse 54 erhalten wird, d.h. das AF-Fehlersignal. Die Abweichung mit Bezug auf die Informationsspur, d.h. das AF-Fehlersignal, wird durch das übliche Gegentaktverfahren od. dgl. erhalten. Diese Fehlersignale werden zum (nicht gezeigten) Antriebssystem (Stellantrieb) der Objektivlinse rückgekoppelt, und es wird eine Nachführung auf eine genaue Lage des Brennpunkts in akkurater Weise herbeigeführt, so daß ein Erfassen oder Aufzeichnen der Signale bewerkstelligt wird.

Der restliche, durch den zweiten Strahlenteiler 56 tretende Lichtstrahl geht durch ein $\lambda/2$ -Plättchen 59 und wird durch einen Polarisationsstrahlenteiler 60 in zwei Richtungen aufgeteilt. Wenn das $\lambda/2$ -Plättchen 59 mit seiner optischen Achse das Kristalls um $22,5^\circ$ mit Bezug zur Polarisationsebene des einfallenden Lichtstrahls geneigt angeordnet wird, so sind die durch den Polarisationsstrahlenteiler 60 zweigeteilten Lichtmengen einander gleich und wird dieses $\lambda/2$ -Plättchen einer Polarisationsplatte

äquivalent, die für die jeweiligen Lichtstrahlen angeordnet ist und mit Transmissionsachsen von 45° und -45° ausgestattet ist. Die zweigeteilten Lichtstrahlen werden durch Fühler-Sammellinsen 61 bzw. 62 auf Signalerfassungsfühler 63 bzw. 64 konvergiert, deren elektrische Signale differenziert werden (Differentialermittlung), so daß eine Erfassung des Informationssignals am Aufzeichnungsmedium 55 erreicht werden kann.

Wenngleich der in Fig. 5 gezeigte optische Kopf Signale bei einem guten Signal-Rausch-Verhältnis durch eine Differentialermittlung erfassen kann, so benötigt er jedoch eine ziemlich große Anzahl an Bauteilen und ist insofern von Nachteil im Hinblick auf eine kompakte Ausbildung des Kopfes bei niedrigen Kosten.

Es ist im Hinblick auf den Stand der Technik ein Ziel der Erfindung, einen optischen Kopf von geringem Gewicht und von kompakter (dünner) Ausbildung zu schaffen.

Ferner zielt die Erfindung auf einen optischen Kopf ab, der auf einfache Weise optisch zu justieren sowie billig und hervorragend in einer Massenproduktion zu fertigen ist.

Des weiteren ist ein Ziel der Erfindung in einem optischen Kopf zu sehen, bei dem das von einer Informationsaufzeichnungsfläche reflektierte Licht teilweise zu einem Strahlungsempfänger herausgeführt werden kann, ohne das auf die Aufzeichnungsfläche fallende Licht nachteilig zu beeinflussen.

Ein noch anderes Ziel der Erfindung liegt in der Schaffung eines optischen Kopfes, der dazu imstande ist, eine magnetisch aufgezeichnete Information mit Hilfe eines Beugungsgitters der Raum- oder Volumenbauart wirksam und leistungsfähig zu lesen.

Darüber hinaus ist es ein Ziel der Erfindung, einen optischen Kopf zuschaffen, der einen einfachen Aufbau aufweist und bei dem durch eine Differentialerfassung Signale mit einem hohen Stör- zu Nutzsignalverhältnis erhalten werden können.

Die oben herausgestellten Ziele der Erfindung werden durch einen optischen Kopf erreicht, der eine Lichtquelle, eine Kondensoreinrichtung zur Konzentration eines von der Lichtquelle auf ein optisches Aufzeichnungsmedium ausgerichteten Lichtstrahls, einen das von dem Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht erfassenden Strahlungsempfänger und einen Strahlenteiler umfaßt, der ein im Strahlengang des von der Lichtquelle auf das Aufzeichnungsmedium tretenden Lichtstrahls längs einer im wesentlichen rechtwinkligen optischen Achse liegenden Ebene angeordnetes Beugungsgitter hat, das bewirkt, daß das vom Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht gebeugt und zum Strahlungsempfänger hin gerichtet wird.

Der Erfindungsgegenstand wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines optischen Kopfes in einer ersten Ausführungsform gemäß der Erfindung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines optischen Kopfes in einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines optischen Kopfes in einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

Fig. 9 eine vierte Ausführungsform eines optischen Kopfes gemäß der Erfindung in schematischer Darstellung;

Fig. 10 eine schematische Draufsicht auf den Strahlenteiler des optischen Kopfes von Fig. 9;

Fig. 11(a), (b) und (c) Änderungen in der Lichtmengenverteilung durch einen Fokusefehler an einem Strahlungsempfänger;

Fig. 12A und 12B ein elektrisches System zur Erfassung eines Fokusefehlers und ein Fokusehlersignal;

Fig. 13A, 13B und 13C die Lageänderungen eines Lichtflecks auf einer Aufzeichnungsfläche;

Fig. 14A, 14B und 14C die Lichtmengenänderungen am Strahlungsempfänger;

Fig. 15A und 15B ein elektrisches System zur Erfassung eines Nachführfehlers und ein Nachführfehlersignal;

Fig. 16 eine schematische Darstellung zum Aufbau eines optischen Kopfes in einer fünften Ausführungsform gemäß der Erfindung;

Fig. 17 einen optischen Kopf in einer sechsten Ausführungsform nach der Erfindung in schematischer Darstellung;

Fig. 18 eine schematische Draufsicht auf den Strahlenteiler des optischen Kopfes von Fig. 17;

Fig. 19A, 19B und 19C die Änderungen in der Lichtmengenverteilung durch den Fokusefehler an dem Strahlungsempfänger der sechsten Ausführungsform;

Fig. 20 bis 24 schematische Draufsichten auf den Strahlenteiler der sechsten Ausführungsform in verschiedenen Abwandlungen;

Fig. 25 einen abgebrochenen Querschnitt in größerem Maßstab eines Strahlenteilers mit einem Raumbeugungsgitter;

Fig. 26 ein Diagramm über die Beziehung zwischen Beugungswinkelsgrad des Beugungsgitters bei P-polarisiertem Licht und dem C/N-Verhältnis;

3522849

- Fig. 27 eine schematische Darstellung für ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung des in Fig. 25 gezeigten Beugungsgitters;
- Fig. 28A und 28B schematische Querschnitte eines Strahlenteilers, der ein Beugungsgitter der Relief- oder Echelette-Bauart hat;
- Fig. 29 ein Diagramm der Wellenlängendurchlässigkeitscharakteristik einer an dem Strahlenteiler von Fig. 28 ausgebildeten Spiegelschicht;
- Fig. 30 eine perspektivische Darstellung eines Beugungsgitters mit Wirkung einer Linse;
- Fig. 31 eine schematische Darstellung für ein Beispiel eines Verfahrens zur Herstellung des in Fig. 30 gezeigten Beugungsgitters;
- Fig. 32 eine schematische Darstellung eines beispielhaften Verfahrens zur Herstellung des bei der dritten Ausführungsform (Fig. 8) verwendeten Beugungsgitters;
- Fig. 33 bis 38 schematische Darstellungen zur Fertigung der Matrix des Beugungsgitters;
- Fig. 39 und 40 den Strahlengang in einem Strahlenteiler;
- Fig. 41 eine schematische Draufsicht auf einen Strahlenteiler;
- Fig. 42 und 43 die Lagebeziehung zwischen der Lichtempfangsfläche eines Strahlungsempfängers und einem Fleck von erfaßtem Licht;
- Fig. 44 den Strahlengang in einem Strahlenteiler;
- Fig. 45 und 46 schematische Darstellungen eines weiteren abgewandelten Strahlenteilers;
- Fig. 47 eine schematische Darstellung eines optischen Kopfes in einer siebenten erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- Fig. 48 die Lichtempfangsfläche des Strahlungsempfängers bei der Ausführungsform von Fig. 47;

3522849

- Fig. 49 eine schematische Darstellung eines optischen Kopfes in einer achten Ausführungsform gemäß der Erfindung;
- Fig. 50 den Strahlengang in dem bei der Ausführungsform von Fig. 49 verwendeten Strahlenteiler;
- Fig. 51 ein schematisches Beispiel für den Aufbau eines Strahlenteilers, bei dem die Differentialermittlungsmethode Anwendung findet;
- Fig. 52A und 52B Modelldarstellungen einer Signalamplifikationskomponente, die an dem Strahlungsempfänger von Fig. 51 ankommt;
- Fig. 53A, 53B und 53C Wellenformen von Signalen, die von den in Fig. 51 gezeigten Strahlungsempfängern erfaßt wurden;
- Fig. 54 bis 62 schematische Darstellungen zum Aufbau von optischen Köpfen in weiteren Ausführungsformen gemäß der Erfindung.

Bei der in Fig. 6 gezeigten ersten Ausführungsform eines optischen Kopfes gemäß der Erfindung wird ein von einem Halbleiterlaser 71 ausgesandter Lichtstrahl durch ein Kolimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl ausgebildet, der in einen Strahlenteiler 73 eintritt, welcher aus zwei Planparallelplatten 74 und 76 sowie einem dazwischen ausgestalteten Beugungsgitter 75 besteht. Das Licht vom Halbleiterlaser 71 ist so eingestellt, daß es mit Bezug zum Strahlenteiler 73 ein P-polarisiertes Licht wird. Das linear (P-) polarisierte Licht wird durch den Strahlenteiler 73 sowie ein $\lambda/4$ -Plättchen 77 übertragen und wird zu einem zirkular polarisierten Licht, das von einer Objektivi Linse 78 durch ein Substrat 79 auf eine Informationsaufzeichnungsfläche 80 konzentriert wird und einen winzigen Fleck bildet. Die Aufzeichnungsfläche 80 kann entweder eine Fläche sein, auf der eine Information in Form von konkav-konvexen Grübchen oder durch den Unterschied

3522849

im Reflexionsgrad vorausgezeichnet wird, oder ein Medium, das ein zusätzliches Einschreiben, wobei Aperturen geöffnet werden oder ein Phasenübergang eintritt, wenn ein Lichtstrahl mit einer vorbestimmten Lichtmenge darauf eintritt, erlaubt.

Das von der Aufzeichnungsfläche 80 reflektierte Licht tritt durch die Objektlinse 78 und wird zu einem parallelen Lichtstrahl, der durch das $\lambda/4$ -Plättchen 77 geht und ein linear (S-) polarisiertes, zum auffallenden Lichtstrahl rechtwinkliges Licht wird, das in den Strahlenteiler 73 eintritt, in dem es durch das Beugungsgitter 75 gebeugt wird. Das gebeugte Licht wird durch ein Fühler-Objektiv 82 übertragen und tritt in einen Strahlungsempfänger 83 ein, so daß ein Auslesen der auf der Aufzeichnungsfläche 80 aufgezeichneten Information oder ein Erfassen eines Fokus-, eines Nachführfühlers od. dgl. bewirkt wird.

Der Strahlenteiler 73 ist so angeordnet, daß er im wesentlichen rechtwinklig zu den optischen Achsen des vom Laser 71 einfallenden und des von der Aufzeichnungsfläche 80 reflektierten Lichts ist, so daß der gesamte optische Kopf dünn ausgebildet werden kann.

Der in Fig. 7 gezeigte optische Kopf in der zweiten Ausführungsform gemäß der Erfindung wird zum Lesen einer Information auf einem magnetooptischen Aufzeichnungsmedium verwendet. Ein von einem Halbleiterlaser 71 ausgesandtes Licht wird durch ein Kollimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl geformt und tritt in einen Strahlenteiler 93 ein, der aus zwei Planparallelplatten 94 und 96 sowie einem zwischen diesen befindlichen Beugungsgitter 95 besteht. Das Licht vom Laser 71 wird so eingestellt, daß es mit Bezug zum Strahlenteiler 93 ein P-polarisiertes Licht ist. Das durch den Strahlenteiler 93 getretene, linear

3522849

(P-) polarisierte Licht geht durch eine Objektlinse 78 und wird zu einem konvergenten Lichtstrahl, der einen Fleck von etwa $1\ \mu\text{m}$ auf einer Aufzeichnungsfläche 100 bildet, auf der durch ein Substrat 99 hindurch eine Information magnetisch aufgezeichnet ist. Das von der Aufzeichnungsfläche 100 reflektierte Licht wird als ein Licht moduliert, dessen Polarisationsebene in Übereinstimmung mit der auf der Aufzeichnungsfläche befindlichen Information in die entgegengesetzte Richtung gedreht worden ist, d.h. durch eine Änderung in der Magnetisierungsrichtung. Dieses reflektierte Licht tritt wieder durch die Objektlinse 78 und in den Strahlenteiler 93 ein, in dem es durch das Beugungsgitter 75 gebeugt wird. Das Raumbeugungsgitter 75 ist so eingerichtet, daß es einen vorbestimmten Beugungswinkel hat, der für die Kerr-Drehungskomponente (S-polarisiertes Licht) höher ist als für die auffallende Lichtkomponente (P-polarisiertes Licht), worauf später noch eingegangen werden wird, und somit wird das gebeugte Licht im scheinbaren Kerr-Drehwinkel vergrößert. Dieses gebeugte Licht tritt durch einen Analysator 81, und die Drehung seiner Polarisationsebene wird in eine Änderung in der Lichtmenge umgewandelt und durch ein Fühler-Objektiv 82 von einem Strahlungsempfänger 83 erfaßt.

Die erste und zweite Ausführungsform können in Verbindung mit einem herkömmlichen Regelverfahren eine Nachführ- sowie eine Fokussierregelung bewerkstelligen. Wenn beispielsweise das Fühler-Objektiv 82 ein anamorphotisches optisches System ist und als Strahlungsempfänger 83 ein viertelliger Strahlungsempfänger Verwendung findet, so ändert sich die Lichtmengenverteilung des in den Strahlungsempfänger ein tretenden Lichts konform mit dem fokussierten Zustand des Flecks auf der Aufzeichnungsfläche 100, und diese Änderung wird durch unterteilte Lichtempfangsflächen erfaßt, so daß ein Fokusfehlersignal erhalten werden kann. Dieses Verfahren

3522849

ren ist als Astigmatismismethode bekannt.

Bei der in Fig. 8 gezeigten dritten Ausführungsform gemäß der Erfindung wird ein P-polarisierter Lichtstrahl von einem Halbleiterlaser 71 durch einen Strahlenteiler 103 intakt übertragen und durch ein Kollimatorobjektiv 101 zu einem parallelen Lichtstrahl ausgebildet. Der Strahlenteiler 103 weist zwei Planparallelplatten 104 und 106 sowie ein dazwischen eingefügtes Beugungsgitter 105 auf, welches für S-polarisiertes Licht einen Beugungswinkel von etwa 100% und für P-polarisiertes Licht einen solchen von etwa 0% - wie bei der ersten Ausführungsform - hat. Der vom Kollimatorobjektiv 101 kommende Lichtstrahl wird durch ein $\lambda/4$ -Plättchen 102 zu einem zirkular polarisierten Licht gemacht und von einer Objektlinse 107 durch das Substrat 79 eines Informationsträgers auf die Informationsaufzeichnungsfläche 80 konzentriert. Der von der Aufzeichnungsfläche 80 reflektierte Lichtstrahl geht längs des Einfallstrahlenganges zurück, er tritt durch das $\lambda/4$ -Plättchen 102, wird zu S-polarisiertem Licht, wird dann durch das Beugungsgitter 105 des Strahlenteilers 103 gebeugt und dem Strahlungsempfänger 83 zugeleitet. Bei dieser Ausführungsform wird das Aufzeichnen und Wiedergeben einer Information in der gleichen Weise wie bei der ersten Ausführungsform (Fig. 6) ausgeführt.

Das Beugungsgitter 105 hat die Wirkung einer scharf konvexen Linse für den reflektierten Lichtstrahl und leitet das gebeugte Licht durch Verlängern der Brennweite des Kollimatorobjektivs 101 zum Strahlungsempfänger 83. Durch diese Konstruktion wird bei dieser Ausführungsform der Fleck an der Aufzeichnungsfläche in vergrößerter Form auf den Strahlungsempfänger 83 projiziert, so daß die Lichtmengenverteilung am Strahlungsempfänger 83 in bezug auf die Brennpunktlenkung oder die Nachführabweichung des Aufzeichnungs-

3522849

trägers in hohem Maß schwankt, d. h. es wird ein sog. Teletypfühler-Objektiv, das eine Kombination von konvex-konkaven Linsen umfaßt, durch das Kollimatorobjektiv 101 und die Linsenwirkung des Beugungsgitters 105 gebildet, und dessen gesamte Länge wird kompakt ausgestaltet, womit eine Fokusfehler- oder Nachführfehlererfassung mit hoher Empfindlichkeit ermöglicht wird. Bei der in Rede stehenden Ausführungsform kann zur Fokusfehlererfassung irgendein übliches Verfahren zur Anwendung kommen; wenn jedoch z. B. das oben als Stand der Technik genannte Astigmatismungsverfahren angewendet wird, wird ein vierteiliger Strahlungsempfänger für den Strahlungsempfänger 83 verwendet und das Beugungsgitter 105 mit der Funktion einer Zylinderlinse zusätzlich zu der Funktion der vorher erläuterten Konkavlinse ausgestattet, so daß die Konstruktion vereinfacht werden kann.

Bei der vierten, in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform gemäß der Erfindung für einen optischen Kopf wird ein von einem Halbleiterlaser 71 ausgesandtes Licht durch ein Kollimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl ausgebildet, der in den Strahlenteiler 113 eintritt, welcher aus zwei Planparallelplatten 114 und 116 sowie einem zwischen diese eingefügten Beugungsgitter 115 besteht. Dieses Beugungsgitter ist so gestaltet, daß der Beugungswinkel für S-polarisiertes Licht annähernd 100% und für P-polarisiertes Licht annähernd 0% ist. Das Licht vom Laser 71 wird so eingestellt, daß es mit Bezug zum Strahlenteiler P-polarisiertes Licht ist. Demzufolge wird das auffallende Licht kaum gebeugt, jedoch durchgelassen und wandert weiter zu einem $\lambda/4$ -Plättchen 77. Das durch dieses Plättchen getretene Licht wird zu einem zirkular polarisierten Licht und als ein Fleck mit einem Durchmesser von etwa 1 μ m durch eine Objektlinse 78 und durch das Substrat 79 des Informationsträgers auf die Informationsaufzeichnungsfläche

3522849

80 konzentriert. Der von dieser Fläche reflektierte Lichtstrahl geht durch die Objektivlinse 78 und wird zu einem parallelen Lichtstrahl, der wieder durch das $\lambda/4$ -Plättchen 77 überträgt und zu einem S-polarisierten Licht wird, das in einer zur Einfallrichtung rechtwinkligen Richtung schwingt und in den Strahlenteiler 113 eintritt. Das reflektierte Licht 84 wird durch das Beugungsgitter 115 im Strahlenteiler 113 zu einem gebeugten Licht 85 gebeugt, es wird durch die Planplatten 114, 116 unter Wiederholung einer Totalreflexion weitergeleitet und tritt in einen Strahlungsempfänger 86 ein. Wenn eine Information aufzuzeichnen ist, dann wird die Laser-Lichtquelle 71 in Übereinstimmung mit einem Informationssignal erregt und das auf die Aufzeichnungsfläche 80 fallende Licht moduliert, so daß ein Aufzeichnen der Information erfolgt. Wenn eine Information erfaßt werden soll, dann wird auf die Aufzeichnungsfläche 80 ein unmoduliertes Licht aufgebracht und ein reflektiertes Licht einer Modulation in Übereinstimmung mit der darauf aufgezeichneten Information unterworfen sowie von einem Strahlungsempfänger 86 erfaßt, womit die Information wiedergegeben wird.

Die Fig. 10 zeigt den Strahlenteiler 113 von Fig. 9 aus der Blickrichtung vom Halbleiterlaser her. Das Beugungsgitter 115 hat bei der in Rede stehenden Ausführungsform die Wirkung einer Linse mit einer Brechkraft in der Zeichnungsebene von Fig. 10. Das gebeugte Licht 85 wird konzentriert und dem Strahlungsempfänger 86 zugeleitet.

Bei der vorliegenden Erfindung beruht die Linsenwirkung darauf, daß in das Beugungsgitter eintretendes Licht durch Veränderung seiner Wellenflächengestalt gebeugt und das gebeugte Licht zu einem Divergieren oder Konvergieren gebracht wird, und diese Linsenwirkung vermittelt dem Beugungsgitter die Funktion eines Fühler-Objektivs, einer

3522849

Zylinderlinse od. dgl. Element. Bei dem Strahlungsempfänger 86 ist die Lichtempfangsfläche, wie gezeigt ist, in vier Teile unterteilt. Die Lichtmengenverteilung an dieser Lichtempfangsfläche variiert in Übereinstimmung mit dem fokussierten Zustand des Flecks auf der Informationsaufzeichnungsfläche. Wenn beispielsweise die Lage des Brennpunkts der Objektivlinse 78 mit der Aufzeichnungsfläche 80 zusammenfällt, so wird das reflektierte Licht 84 ein paralleler Lichtstrahl, während das gebeugte Licht 85 eine Form annimmt, wie sie mit ausgezogenen Linien in Fig. 10 dargestellt ist, und in den Strahlungsempfänger 86 mit der Gestalt 85b eintritt. Wenn die Objektivlinse 78 zu nahe an der Aufzeichnungsfläche oder zu weit weg von dieser ist, dann wird das reflektierte Licht 84 zu einem divergenten oder konvergenten Licht, und das gebeugte Licht 85 nimmt eine Gestalt an, wie sie durch strichpunktierte oder gestrichelte Linien in Fig. 10 angegeben ist, und es nimmt am Strahlungsempfänger 86 die Gestalt 85c oder 85a an. Das Prinzip der Erfassung eines Fokussiersignals durch Ausnutzung einer solchen Änderung in der Gestalt des Lichtstrahls wird im folgenden näher erläutert.

Die Fig. 11(a), (b) und (c) sind Ansichten des Strahlungsempfängers 86 von der Lichteinfallseite her. Die Fig. 11(b) zeigt den fokussierten Zustand, die Fig. 11(a) und 11(c) zeigen den defokussierten Zustand. Der Strahlungsempfänger 86 hat die vier geteilten Lichtempfangsflächen 86a, 86b, 86c und 86d, der einfallende Lichtstrahl nimmt die verschiedenen Gestaltungen 85a, 85b und 85c an. Wenn die Ausgänge der Lichtempfangsflächen 86a, 86b, 86c und 86d jeweils Ia, Ib, Ic und Id sind, so wird durch Ausführen einer Operation

$$(Ib + Ic) - (Ia + Id)$$

in einem elektrischen System, wie es in Fig. 12A gezeigt ist, an der Ausgangsklemme 118 eines Differentialverstärkers

3522849

117 ein Fokussiersignal erhalten, wie es in Fig. 12B gezeigt ist, in der die Abszisse den Abstand zwischen der Objektlinse und der Aufzeichnungsfläche (den Fokussierfehler), wenn die fokussierte Lage null ist, und die Ordinate den Signalausgang wiedergibt. In Übereinstimmung mit dem erhaltenen Fokussiersignal wird die Objektlinse 78 oder der gesamte optische Kopf relativ zu der Scheibe (Platte) längs der optischen Achse des auffallenden Lichts durch einen (nicht gezeigten) Stellantrieb bewegt, so daß eine Selbstfokussierung ermöglicht wird.

Es wird nun auf das Prinzip der Selbstnachführung bei der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform eingegangen. Nimmt man an, daß, wie in den Fig. 13A, 13B und 13C gezeigt ist, im Substrat 79 eines Informationsträgers eine Furche 79a ausgebildet ist, so wird der auffallende Lichtstrahl nahe dieser Furche 79a durch die Objektlinse 78 konzentriert.

Die Fig. 13B zeigt einen Zustand, in dem ein Fleck auf der Furche 79a erzeugt wird, während bei den in den Fig. 13A und 13C gezeigten Zuständen der Fleck rechts bzw. links von der Furche 79a liegt. Der von der Aufzeichnungsfläche 80 des Substrats 79 reflektierte Lichtstrahl enthält durch die Beugung oder Streuung an der Furche 79a die Nachführinformation. Wenn das erwähnte reflektierte Licht von dem in Fig. 9 gezeigten Strahlungsempfänger 86 empfangen wird, so ändern sich die von den Lichtempfangsflächen 86a, 86b, 86c und 86d aufgenommenen Lichtmengen in Übereinstimmung mit den Zuständen gemäß den Fig. 13A, 13B und 13C in der Art, wie in den Fig. 14A, 14B und 14C gezeigt ist. Wenn in einem elektrischen System mit dem in Fig. 15A dargestellten Aufbau eine Operation

$$(Ia + Ib) - (Ic + Id)$$

ausgeführt wird, so wird demzufolge an der Ausgangsklemme 120 eines Differentialverstärkers 119 ein Nachführfehlersignal, wie es in Fig. 15B dargestellt ist, wobei die Ab-

3522849

szisse den Nachführfehler und die Ordinate den Signalausgang wiedergibt, erhalten. Eine Selbstnachführung wird durch ein Verfahren ermöglicht, wonach in Übereinstimmung mit dem erhaltenen Nachführfehlersignal ein Nachführantrieb betrieben wird und die Objektlinse rechtwinklig zur optischen Achse bewegt wird. Es wurde hier der Fall beschrieben, wobei eine Furche als eine Führungsspur im Substrat 79 vorher ausgebildet ist. Wenn jedoch die auf der Aufzeichnungsfläche 80 befindliche Information erfaßt werden soll, so tritt, selbst wenn eine solche Furche nicht vorhanden ist, eine Ungleichheit in der Lichtverteilung am Strahlungsempfänger 86 in Übereinstimmung mit der Lagebeziehung zwischen der aufgezeichneten Signalzeile oder -reihe (Aufzeichnungsspur) und dem Fleck auf. Auch in diesem Fall wird durch Verarbeiten des Ausgangs einer jeden Lichtempfangsfläche des Strahlungsempfängers 86, wie das Fig. 15A zeigt, ein Nachführsignal gleichfalls erhalten.

Wie aus der obigen Beschreibung folgt, hat bei dem Erfindungsgegenstand der Strahlenteiler selbst die Wirkung einer Linse, weshalb ein Fühler-Objektiv od. dgl. unnötig ist und der optische Kopf kompakt konstruiert werden kann. Auch kann eine optische Justierung nur zwischen dem Strahlenteiler und dem Strahlungsempfänger erfolgen, so daß diese sehr einfach auszuführen ist.

Bei der in Fig. 16 schematisch gezeigten sechsten Ausführungsform kommt der Aufbau gemäß der vierten Ausführungsform für das Lesen eines magnetooptischen Aufzeichnungsmediums zur Anwendung. Hierbei wird das von einem Halbleiterlaser 71 ausgesandte P-polarisierte Licht durch ein Kollimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl ausgebildet und tritt in einen aus Planparallelplatten 124 und 126 sowie einem Beugungsgitter 125 bestehenden Strahlenteiler 123 ein. Das durch den Strahlenteiler 123 tretende linear

3522849

(P-) polarisierte Licht wird durch eine Objektlinse 78 zu einem Fleck mit einem Durchmesser von etwa $1\text{ }\mu\text{m}$ auf die Aufzeichnungsfläche 100 des Substrats 99 konzentriert. Das reflektierte Licht 87, das in Übereinstimmung mit der Information auf der Aufzeichnungsfläche 100, auf der die Information magnetisch aufgezeichnet ist, gedreht worden ist (Kerr-Drehung), tritt wieder in den Strahlenteiler 123 ein und wird durch das Beugungsgitter 125 mit einem vorbestimmten Beugungswinkel gebeugt. Das gebeugte Licht 88 wird in seinem scheinbaren Kerr-Drehungswinkel wie bei der zweiten Ausführungsform (Fig. 7) vergrößert und unter wiederholter Totalreflexion an der Oberfläche der Planplatte 124 oder 126 weitergeleitet, worauf es in einen an der Stirnfläche des Strahlenteilers 123 vorgesehenen vierteiligen Strahlungsempfänger 86 eintritt. Gleich vor dem Strahlungsempfänger 86 befindet sich ein Analysator 89, um ein magnetooptisches Signal in eine Lichtmengenschwankung umzuwandeln.

Bei der in Fig. 17 gezeigten sechsten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Kopfes wird der von einem Laser 71 ausgesandte Lichtstrahl durch ein Kollimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl geformt, der in einen aus Planparallelplatten 134 sowie 132 und ein zwischengefügtes Beugungsgitter 135 bestehenden Strahlenteiler 133 eintritt. Der Strahlenteiler 133 übt gegenüber dem auffallenden Licht keine Funktion aus, weshalb der Lichtstrahl intakt durch diesen Strahlenteiler hindurch- und in ein $\lambda/4$ -Plättchen 77 eintritt. Das zirkular polarisierte Licht wird anschließend durch eine Objektlinse 78 und durch das Substrat 79 hindurch auf eine Informationsaufzeichnungsfläche 80 konzentriert. Der von dieser Fläche 80 reflektierte Lichtstrahl tritt durch die Objektlinse 78, er wird zu einem parallelen Lichtstrahl, der wieder durch das $\lambda/4$ -Plättchen 77 geht und zu einem polarisierten

3522849

Licht wird, das in einer zur Richtung während des Einfallens rechtwinkligen Richtung schwingt und in den Strahlenteiler 133 eintritt. Das reflektierte Licht wird durch das Beugungsgitter 135 im Strahlenteiler 133 gebeugt und unter sich wiederholender Totalreflexion mittels des Trägers 132 (Planplatte) weitergeleitet, so daß es in die Strahlungsempfänger 136 und 137 eintritt. Wenn eine Information aufgezeichnet werden soll, so wird der Laser 71 in Übereinstimmung mit einem Informationssignal erregt und das auf die Aufzeichnungsfläche fallende Licht moduliert, womit die Informationsaufzeichnung bewerkstelligt wird. Soll eine Information erfaßt werden, dann wird auf die Aufzeichnungsfläche 80 unmoduliertes Licht aufgebracht, das reflektierte Licht in Übereinstimmung mit der aufgezeichneten Information moduliert und von den Strahlungsempfängern 136 sowie 137 erfaßt, so daß die Information wiedergegeben wird.

Die Fig. 18 ist eine aus der Richtung vom Laser 71 her gesehene Ansicht des in Fig. 17 gezeigten Strahlenteilers 133. Das die teilende Fläche des Strahlenteilers 133 bildende Beugungsgitter 135 ist in zwei Flächen mit einem Segment AA' als Grenze geteilt. Die beiden Gitterelemente oder -felder 135a und 135b mit unterschiedlichen Gitterstrukturen oder -schemata beugen das von der Aufzeichnungsfläche 80 reflektierte Licht in unterschiedliche Richtungen und richten das gebeugte Licht zu verschiedenen Strahlungsempfängern 137 und 136. Durch geeignete Verarbeitung der Ausgänge dieser beiden Strahlungsempfänger 136, 137 werden ein Fokus- sowie ein Nachführfehlersignal und ein Informationswiedergabesignal, die für den optischen Kopf notwendig sind, erhalten.

Es soll zuerst das Prinzip der Erfassung des Fokusfehlersignals erläutert werden. Die Lichtempfangsfläche des Strahlungsempfängers 136 ist, wie Fig. 19 zeigt, in drei

3522849

Teile unterteilt. Es sei angenommen, daß die Strahlungsempfänger so angeordnet sind, daß eine Lichtmengenverteilung, wie sie durch Schraffur in Fig. 19 angedeutet ist, erzeugt wird, wenn ein minimaler Lichtfleck auf der Aufzeichnungsfläche 80 hervorgerufen wird, d.h. ein fokussierter Zustand vorliegt. Wenn zu diesem Zeitpunkt der Abstand zwischen der Aufzeichnungsfläche 80 und der Objektlinse 78 zu groß ist, wenn also ein defokussierter Zustand gegeben ist, so wird die Ausdehnung des Lichtstrahls in Richtung der Lichtempfangsflächen vermindert, wie Fig. 19A zeigt, und wenn andererseits der Abstand zwischen der Aufzeichnungsfläche 80 und der Objektlinse 78 zu klein wird, also ebenfalls ein defokussierter Zustand vorliegt, so erweitert sich die Lichtmengenverteilung, wie Fig. 19C zeigt. Demzufolge wird durch Verarbeiten der Ausgänge I_A , I_B und I_C der Lichtempfangsflächen 136A, 136B, 136C des Strahlungsempfängers mittels des Operationsglieds 138 in der folgenden Weise das Fokusfehlersignal I_F erhalten:

$$I_F = (I_A + I_B) - I_C.$$

Es wird nun die Ermittlung des Nachführfehlersignals erläutert. Die Teilungsfläche des Strahlenteilers ist, wie schon gesagt wurde, durch das Segment AA' in zwei Flächen geteilt, und die Richtung des Segments AA' fällt mit der Ausdehnung einer Spur zusammen, welche auf der Aufzeichnungsfläche 80 aufgezeichnete Signalreihen (-spuren) oder eine vorher auf das Substrat 79 aufgebrachte Führungsspur od. dgl. enthält. Das jeweils von den Strahlungsempfängern 136 und 137 empfangene Licht schließt demzufolge die Information von der rechten und der linken Seite jeweils ein, und durch Differenzieren der Ausgänge der Strahlungsempfänger 136, 137 mit Hilfe eines Operations- oder Rechenglieds 139 kann ein sog. Gegentakt-Nachführfehlersignal I_T ermittelt werden, das durch die folgende Gleichung ausgedrückt wird,

3522849

wobei der Ausgang des Strahlungsempfängers 137 mit I_D bezeichnet wird:

$$I_T = (I_A + I_B + I_C) - I_D.$$

Wenn die Summe der Signalausgänge der Strahlungsempfänger 136 und 137 durch ein Operationsglied 140 berechnet wird, so erhält man das Informationswiedergabesignal I_{RF} :

$$I_{RF} = I_A + I_B + I_C + I_D.$$

Der hier verwendete Strahlungsempfänger 137 kann ein Element von gleicher Art wie der Strahlungsempfänger 136 oder ein Element, dessen Lichtempfangsfläche nicht geteilt ist, sein. Falls ein Element mit einer dreiteiligen Lichtempfangsfläche als Strahlungsempfänger 137 zur Anwendung kommt und wenn die Ausgänge der jeweiligen Lichtempfangsflächen mit I_{D1} , I_{D2} und I_{D3} bezeichnet werden, so ist es auch durch Ausföhrung einer Operation

$$I_T' = (I_{D1} + I_{D2}) - (I_{D3} + I_A)$$

möglich, das Nachführfehlersignal I_T durch das Heterodyne- oder Überlagerungsverfahren zu erhalten.

Bei der in Rede stehenden Ausführungsform ist der Strahlenteiler von der Planparallelplatten-Bauart, weshalb der gesamte optische Kopf dünn ausgebildet werden kann.

Durch Bearbeiten einer Mehrzahl von solchen Strahlenteilern in einem Stück auf einer großen Unterlage und Ausschneiden dieser kann der Strahlenteiler selbst auch einfach hergestellt werden, was für eine Massenfabrikation ein hervorragendes Merkmal ist. Ferner wird bei dem Erfindungsgegenstand das von der Informationsaufzeichnungsfläche reflektierte Licht durch die Teilungsfläche des Strahlenteilers geteilt, wobei die jeweiligen Lichtbündel durch getrennte Strahlungsempfänger erfaßt werden, weshalb die Montagegenauigkeit für den Strahlungsempfänger,

3522849

der das Nachführfehlersignal ermittelt, gemindert werden kann und der Zusammenbau sowie die Justierung keine Schwierigkeiten bereiten. Wenn des weiteren die Strahlungsempfänger einstückig mit bzw. an den Stirnflächen des Trägers des Strahlenteilers ausgebildet werden, dann sind ein solcher Zusammenbau und eine solche Justierung nicht notwendig.

Um ein gutes Nachführfehlersignal zu erhalten, ist es - wie bekannt - wünschenswert, auch die Intensitätsverteilung an der Pupillenebene der Objektlinse zu erfassen; gemäß der in Rede stehenden Ausführungsform wird die Intensitätsverteilung an der Teilungsfläche des nahe der Objektlinse angeordneten Strahlenteilers erfaßt, und das bedeutet, daß die Erfassung tatsächlich durch die Teilung der Pupillenebene bewirkt wird und somit eine hoch zuverlässige Nachführsteuerung oder -regelung ausgeführt werden kann.

Es wird nun auf ein weiteres Beispiel für die Ausbildung eines Strahlenteilers eingegangen, dessen Teilungsfläche eine Mehrzahl von Flächen oder Bereichen hat, um das vom Aufzeichnungsmedium reflektierte Licht zu verschiedenen Strahlungsempfängern - wie bei der sechsten Ausführungsform (Fig. 17) - zu richten.

Der Strahlenteiler 143 von Fig. 20A ist so ausgebildet, daß die beiden gebeugten Lichtbündel, die den diskreten Stirnflächen des Strahlenteilers der sechsten Ausführungsform zugeleitet werden, an der gleichen Stirnseite erfaßt werden. Gemäß Fig. 20A ist ein Beugungsgitter 145, das die Teilungsfläche des Strahlenteilers 143 bildet, in zwei Flächen mit unterschiedlichen Gitterstrukturen geteilt, wobei das Segment AA', das der Ausdehnungsrichtung der Spur an der Informationsaufzeichnungsfläche entspricht, die Grenze ist. Die Gitterfelder 145a und 145b beugen jeweils das vom Aufzeichnungsträger reflektierte Licht zu unterschiedlichen Stellen an der Stirnseite des Strahlenteilers

3522849

143, wobei sie dieses reflektierte Licht konvergieren und das gebeugte Licht jeweils zu einem Strahlungsempfänger 137 bzw. 136 hin richten. Durch Verarbeiten der Ausgangssignale dieser Strahlungsempfänger in genau derselben Weise, wie das im Zusammenhang mit den Fig. 18 und 19 erläutert wurde, werden das Fokuserfehlersignal I_F , das Nachführfehlersignal I_T und das Informationswiedergabesignal I_{RF} erhalten. Diese Konstruktion erlaubt es, die Strahlungsempfänger konzentriert auf nur einer Seite des Strahlenteilers anzuordnen, und bietet deshalb einen Vorteil gegenüber der sechsten Ausführungsform insofern, als der optische Kopf noch kompakter gebaut werden kann.

Die Fig. 20B zeigt ein weiteres Beispiel für die Konstruktion des Strahlenteilers. Ein in dem Strahlenteiler 153 ausgebildetes Beugungsgitter ist in der gleichen Weise wie bei der vorherigen Ausführungsform gestaltet und in zwei Gitterfelder 154, 155 unterteilt, von denen jedes die Wirkung einer Linse hat, so daß das gebeugte Licht eine Brennpunktlinie in einer vorbestimmten Richtung bildet und jedes gebeugte Licht zu einem vierteiligen, an einer Stirnfläche des Strahlenteilers befindlichen Strahlungsempfänger 156 gerichtet wird. Die Richtung der Brennpunktlinie des Gitterfeldes 155 fällt mit der Richtung AA' des Spurbildes auf der Informationsaufzeichnungsfläche zusammen. Die Ausgänge I_A , I_B , I_C und I_D von den vier Lichtempfangsflächen des vierteiligen Strahlungsempfängers 156 können durch ein (nicht gezeigtes) Operationsglied in geeigneter Weise verarbeitet werden, so daß verschiedene, für den optischen Kopf notwendige Signale erhalten werden. Beispielsweise wird das Informationswiedergabesignal I_{RF} aus der Summe der Ausgänge erhalten:

$$I_{RF} = I_A + I_B + I_C + I_D.$$

3522849

Das Fokusfehlersignal I_F wird durch Erfassen der Rundlaufabweichung und der Ausdehnung (in der Zeichnungsebene von Fig. 20B) des im wesentlichen in der Lage der Pupillenebene der Objektivlinse durch das Gitterfeld 154 geteilten Lichtstrahls erhalten. Die Lage des Gitterfeldes 154 und die Beugungsrichtung des von ihm gebeugten Lichts können, wie vorher gesagt wurde, willkürlich vorgesehen und der Strahlungsempfänger 156 kann irgendwo angeordnet werden. Jedoch kann das Fokusfehlersignal mit guter Empfindlichkeit erfaßt werden, wenn der Strahlungsempfänger 156 so angeordnet wird, daß, wie Fig. 20B zeigt, die Änderung im gebeugten Licht in der Teilungsrichtung der Lichtempfangsflächen des Strahlungsempfängers 156 groß ist. Im einzelnen wird das Fokusfehlersignal I_F erhalten als:

$$I_F = I_A - I_B,$$

d.h., es wird die Differenz zwischen den Ausgängen I_A und I_B der Lichtempfangsflächen genommen. Das Nachführfehlersignal I_T wird aus der Lichtmengenverteilung im von der Aufzeichnungsfläche reflektierten Lichtstrahl gewonnen und somit aus der Differenz in der Lichtmenge zwischen den durch die Brennnlinie des Gitterfeldes 155, die mit der Richtung AA' des Spurbildes zusammenfällt, geteilten Lichtstrahlen erhalten. Durch Verarbeiten der Ausgänge von den jeweiligen Lichtempfangsflächen des vierteiligen Strahlungsempfängers 156 wird I_T tatsächlich erhalten als:

$$I_T = (I_A + I_B + I_C) - I_D.$$

Durch die Lichtstrahl-Steuersignale (Fokus- und Nachführfehlersignale), die in der oben beschriebenen Weise erhalten wurden, wird der optische Kopf so gesteuert, daß ein gewandelter Lichtstrahl zur Informationsaufzeichnungsfläche gelangt, so daß ein Erfassen oder Aufzeichnen der Information zuverlässig erreicht werden kann. Bei den in Fig. 20 gezeigten Strahlenteilern kann die Konstruktion des Beugungs-

3522849

gitters willkürlich bestimmt werden, wie oben gesagt wurde, und deshalb kann, obwohl das nicht eigens gezeigt ist, der vierteilige Strahlungsempfänger durch eine Kombination von zweiteiligen Strahlungsempfängern oder durch eine Kombination eines zweiteiligen Strahlungsempfängers und eines solchen, dessen Lichtempfangsfläche nicht geteilt ist, ersetzt werden. Selbstverständlich kann auch das Gitterfeld 154 an irgendeiner Stelle in der Oberfläche des Beugungsgitters angeordnet sein.

Ein weiteres Beispiel für die Konstruktion eines Strahlenteilers ist in Fig. 21 gezeigt. Bei diesem Strahlenteiler 163 ist innerhalb des Beugungsgitters ein Gitterfeld 164 für die Ermittlung des Fokusfehlersignals vorgesehen und zusätzlich der übrige Teil durch eine Teilungslinie, die mit der Richtung AA' des Spurbildes zusammenfällt, geteilt, so daß Gitterfelder 165a und 165b gebildet werden. Das vom Gitterfeld 164 gebeugte Licht wird zu einem zweiteiligen Strahlungsempfänger 166 gerichtet. Die beiden von den Gitterfeldern 165a, 165b gebeugten Lichtstrahlen werden durch den Strahlenteiler hindurch in den Richtungen der Brennnlinien durch die jeweiligen Gitter weiter und zu je einem Strahlungsempfänger 167 bzw. 168 geleitet. Durch Verarbeiten der Ausgänge I_A und I_B der jeweiligen Lichtempfangsflächen des zweiteiligen Strahlungsempfängers 166, des Ausgangs I_C des Strahlungsempfängers 167 und des Ausgangs I_D des Strahlungsempfängers 168 mit Hilfe eines (nicht gezeigten) Operationsglieds in der gleichen Weise, wie das zu den Strahlenteilern von Fig. 20 erläutert wurde, werden ein Fokus- sowie Nachführfehlersignal und ein Informationswiedergabesignal erhalten. Bei diesem Strahlenteiler wird das Licht von der Informationsaufzeichnungsfläche durch die Gitterfelder 165a und 165b an der mit der Richtung des Spurbildes zusammenfallenden Teilungslinie geteilt, die geteilten Lichtbündel werden zu den verschiedenen Strah-

3522849

lungsempfängern gelenkt, und somit wird die Lichtmengenverteilung des Lichtstrahls einschließlich der Lageinformation der Spur geteilt und im wesentlichen in der Lage der Pupillenebene der Objektivlinse erfaßt, womit eine zuverlässigere Erfassung des Nachführfehlersignals möglich ist.

Das Beugungsgitter des Strahlenteilers 173 von Fig. 22 ist in die Gitterfelder 175, 174 und 176 unterteilt und weist eine solche Ausbildung auf, wonach das Gitterfeld 176 einfach der Ausführung von Fig. 20B zugefügt wurde. Die von den Gitterfeldern 175 und 174 gebeugten oder reflektierten Lichtstrahlen werden von einem vierteiligen Strahlungsempfänger 178 erfaßt, während der vom Gitterfeld 176 gebeugte oder reflektierte Lichtstrahl von einem Strahlungsempfänger 177 erfaßt wird. Eine solche Ausführungsform kann insofern einen Ausgleich für die Symmetrie des Lichtstrahls im Beugungsgitter mit der Richtung AA' des Spurbildes als Symmetrieachse schaffen, womit der Verarbeitungsvorgang der Signale von den Strahlungsempfängern vereinfacht wird. Vor allem wird, wenn die Ausgänge der geteilten Lichtempfangsflächen des vierteiligen Strahlungsempfängers 178 mit I_A , I_B , I_C sowie I_D und der Ausgang des Strahlungsempfängers 177 mit I_E gegeben sind, das Informationswiedergabesignal I_{RF} erhalten als:

$$I_{RF} = I_A + I_B + I_C + I_D + I_E.$$

Das Fokustehlersignal I_F wird als die Differenz zwischen I_A und I_B erhalten:

$$I_F = I_A - I_B.$$

Das Nachführfehlersignal wird einfach als die Differenz zwischen den Ausgangssignalen I_C und I_D des Strahlungsempfängers 178 erhalten:

$$I_T = I_C - I_D.$$

was auf der Hinzufügung des Gitterfeldes 176 beruht.

3522849

Es ist auch möglich, den Strahlungsempfänger 177 wegzulassen und das Informationswiedergabesignal zu erhalten als:

$$I_{RF} = I_A + I_B + I_C + I_D.$$

In diesem Fall kann der vom Gitterfeld 176 gebeugte Lichtstrahl manchmal an der Stirnfläche des Beugungsgitters 173 reflektiert oder zerstreut werden, so daß ein Streulicht erzeugt wird, weshalb ein Lichtabsorptionselement an der Stelle, an der der Strahlungsempfänger 177 weggelassen wurde, angebracht wird. Auch bei diesem Strahlenteiler ist eine Abwandlung, wie die im Zusammenhang mit Fig. 20B beschriebene Substitution der Strahlungsempfänger möglich.

Bei dem Strahlenteiler 183 von Fig. 23 ist das Beugungsgitter in die Gitterfelder 185a, 185b und 185c unterteilt, wobei die jeweiligen Gitterfelder einen Lichtstrahl beugen und konvergieren, so daß Brennpunkten in unterschiedlichen Richtungen gebildet werden. Der Lichtstrahl vom Gitterfeld 184 wird durch den Strahlenteiler hindurch weitergeleitet und von einem zweiteiligen Strahlungsempfänger 186 erfaßt. Die Teilungslinie zwischen den Gitterfeldern 185a und 185b fällt mit der Richtung AA' des Spurbildes zusammen, die jeweiligen gebeugten Lichtbündel werden von Strahlungsempfängern 187 und 188 erfaßt. Wenn die Ausgänge der Lichtempfangsflächen des zweiteiligen Strahlungsempfängers 186 mit I_A sowie I_B und die Ausgänge der Strahlungsempfänger 187 bzw. 188 mit I_C bzw. I_D bezeichnet werden, so wird das Informationswiedergabesignal I_{RF} aus der Summe dieser Ausgänge erhalten als:

$$I_{RF} = I_A + I_B + I_C + I_D.$$

Das Fokustehlersignal I_F wird durch Erfassen der Rundlaufabweichung und der Ausdehnung des im wesentlichen in der Lage der Pupillenebene der Objektivlinse durch das Beugungsgitter 183 geteilten Lichtstrahls an der Lichtempfangsfläche des Strahlungsempfängers 186 erhalten. Die Lagen der Gitterfelder und die Beugungsrichtung können, wie das im Zusam-

3522849

menhang mit Fig. 20B erläutert wurde, willkürlich vorgese-
hen werden, wobei eine optimale Auslegung, mit der eine
hoch empfindliche Erfassung geboten wird, möglich gemacht
wird. Insbesondere wird das Fokussiersignal I_F durch Er-
mitteln der Differenz zwischen den zwei Ausgangssignalen
des zweiteiligen Strahlungsempfängers 186 erhalten als:

$$I_F = I_A - I_B.$$

Das Nachführfahlersignal I_T wird durch Erfassen der Licht-
mengen von den Gitterfeldern 185a und 185b, die mit der
Richtung AA' der Bildspur als Grenze geteilt sind, mit
Hilfe der zugeordneten Strahlungsempfänger 188 und 187
durch Ermitteln der Differenz deren Ausgänge erhalten als:

$$I_T = I_C - I_D.$$

Bei der in Rede stehenden Ausführungsform können die Strah-
lungsempfänger 187 und 188 durch einen zweiteiligen Strah-
lungsempfänger ersetzt werden, wie man auch frei ist, die
Strahlungsempfänger 186, 187 und 188 durch einen viertei-
ligen Strahlungsempfänger zu ersetzen.

Bei dem in Fig. 24 gezeigten Strahlenteiler 193 ist der Fall
dargestellt, wonach die Richtung AA' des Spurbildes einen
willkürlichen Winkel θ mit Bezug zum Strahlenteiler 193
bildet. Das Beugungsgitter dieses Strahlenteilers 193 ist
in vier Gitterfelder 195a, 195b, 194 und 196 unterteilt,
von denen jedes einen Lichtstrahl beugt oder reflektiert
und konvergiert, so daß Brennpunkten in unterschiedlichen
Richtungen gebildet werden. Die Linie, die die Gitterfel-
der 195a und 195b trennt, fällt mit der Richtung AA' des
Spurbildes zusammen; die Gitterfelder 194 und 196 sind an
liniensymmetrischen Stellen mit dieser Teilungslinie
als Symmetrieachse ausgebildet. Die von den Gitterfeldern
195a und 195b gebeugten Lichtstrahlen werden zu den jewei-
ligen Lichtempfangsflächen eines zweiteiligen Strahlungs-

3522849

empfängers 198 gelenkt. Der Lichtstrahl vom Gitterfeld 194
wird durch einen zweiteiligen Strahlungsempfänger 197 er-
faßt. Der Lichtstrahl vom Gitterfeld 196 wird von einem
Lichtabsorptionselement 199 verschluckt. Wenn die Ausgänge
der Lichtempfangsflächen des zweiteiligen Strahlungsempfän-
gers 197 mit I_A sowie I_B und die Ausgänge der Lichtempfangs-
flächen des zweiteiligen Strahlungsempfängers 198 mit I_C
sowie I_D gegeben sind, so werden das Informationswiedergabe-
signal I_{RP} und das Fokus- bzw. Nachführfahlersignal I_F bzw.
 I_T durch Verarbeiten dieser Ausgänge mittels eines (nicht
gezeigten) Operationsglieds in eben der gleichen Weise wie
im Fall der Fig. 20B erhalten.

Bei der in Rede stehenden Ausführungsform ist das Gitter-
feld 196 dazu vorgesehen, die Symmetrie der beiden durch
die Gitterfelder 195a, 195b geteilten Lichtstrahlen wäh-
rend der Erfassung des Nachführfahlersignals zu kompensie-
ren, und es erfüllt dieselbe Funktion wie das Gitterfeld 176
in der Fig. 22, weshalb also das Lichtabsorptionselement 199
durch einen Strahlungsempfänger ersetzt werden kann, so daß
das Informationswiedergabesignal und das Lichtstrahl-Steuer-
signal in einem zum Beispiel von Fig. 22 gleichartigen Vor-
gang erhalten werden können. Bei der hier besprochenen Aus-
führungsform kann auch eine Konstruktion in Betracht gezogen
werden, wobei das Gitterfeld 196 weggelassen und die er-
wähnte Kompensation durch einen Verarbeitungsprozeß des
Strahlungsempfängers wie im Beispiel von Fig. 21 bewirkt
werden kann.

Wenn hier verschiedene Beispiele für den Aufbau des Strah-
lenteilers gezeigt worden sind, so erlaubt die Erfindung
auch eine Abwandlung zu einer solchen Konstruktion, wobei
ein noch anderer Strahlenteiler zur Anwendung kommt oder
wobei der Aufbau der anderen Bauteile neben dem Strahlen-
teiler unterschiedlich gemacht wird. Wenn beispielsweise

bei der in Fig. 17 gezeigten Konstruktion eine magnetooptische Aufzeichnung gelesen werden soll, so kann das $\lambda/4$ -Plättchen 77 weggelassen und eine Polarisationsplatte genau vor den Strahlungsempfängern 136 und 137 angeordnet werden, oder es kann das $\lambda/4$ -Plättchen durch ein Faraday-Element ersetzt werden, wodurch eine Erfassung möglich wird.

Es wird nun auf den Aufbau des den Strahlenteiler bildenden Beugungsgitters und ein Verfahren zu dessen Herstellung eingegangen, und zwar unter Bezugnahme auf die Fig. 25, die einen Querschnitt eines Strahlenteilers mit einem Raumbeugungsgitter zeigt.

Der Strahlenteiler 203 umfaßt Planparallelplatten 204, 206 und ein zwischen diese eingefügtes Beugungsgitter 205 der Raum- oder Volumenbauart, das aus einer Schicht 207 mit hohem Brechungsindex und einer Schicht 208 mit niedrigem Brechungsindex besteht. Das von der Aufzeichnungsfläche auffallende Licht 200 wird vom Beugungsgitter 205 zu einem gebogenen Licht 201 gemacht. Wenn das Beugungsgitter 205 im wesentlichen die Bragg'sche Bedingung mit Bezug auf das auffallende Licht 200 erfüllt, so konzentriert sich die meiste Energie des gebeugten Lichts 201 in einer vorbestimmten Richtung, wie das durch den Beugungswinkel θ angedeutet ist. Durch die Einstellung oder Festsetzung dieses Winkels θ wird die Beugungswirkung des P- und des S-polarisierten Lichts verändert. Demzufolge kann, wenn wie bei der zweiten Ausführungsform (Fig. 7) ein solcher Strahlenteiler für das Lesen der Information auf einem magnetooptischen Aufzeichnungsmedium verwendet wird, eine Verbesserung im Wiedergabe-Signalstörverhältnis durch Ausnutzung dieser Polarisationscharakteristik erreicht werden.

Es sei angenommen, daß ein Licht, das auf die Aufzeichnungsfläche eines magnetooptischen Aufzeichnungsmediums gelangt

sowie P-polarisiert und unter Aussetzen einer Kerr-Drehung reflektiert wird, von dem Raumbeugungsgitter gebeugt und erfaßt wird. Die dann durch den magnetischen Kerr-Effekt der Aufzeichnungsfläche hervorgerufene Drehungskomponente ist eine S-Komponente, weshalb das Signalstörverhältnis des erfaßten Signals verbessert wird, wenn die Beugungsleistung des Raumbeugungsgitters für S-polarisiertes Licht höher ist. Auch wird der scheinbare Kerr-Drehwinkel durch das Verhältnis zwischen dem gebeugten P-polarisierten und S-polarisierten Licht verändert. Mit der Beugungsleistung $|r_s|^2$ des Raumbeugungsgitters für S-polarisiertes Licht von 100% und durch verschiedenartiges Ändern der Beugungsleistung $|r_p|^2$ für P-polarisiertes Licht ist somit das C/N-Verhältnis (das Signalstörverhältnis bei der Frequenz des Trägerwellensignals) des erfaßten magnetooptischen Signals gefunden worden. Das Ergebnis ist in Fig. 26 dargestellt, wobei auf der Abszisse die Beugungsleistung für P-polarisiertes Licht und auf der Ordinate das C/N-Verhältnis des Erfassungssignals in dB bei einem Relativwert zur Spitze wiedergegeben sind. Um ein für das Lesen einer Information geeignetes Erfassungssignal zu erhalten, muß die Verminderung im C/N-Verhältnis innerhalb von -6 dB vom Maximumwert unterdrückt werden, womit sich der zulässige Bereich von $|r_p|^2$ von 0,03 bis 0,86 erstreckt.

Andererseits wird das Verhältnis in der Beugungsleistung zwischen dem P- und dem S-polarisierten Licht im Raumbeugungsgitter unter Verwendung des Beugungswinkels θ angenähert wiedergegeben durch $\cos^2\theta$. Wenn $\theta = 80^\circ$ oder $= 100^\circ$ ist, so ist $\cos^2\theta = 0,03$; ist $\theta = 22^\circ$ oder $= 158^\circ$, dann ist $\cos^2\theta = 0,86$. Demzufolge muß, wie aus dem in Fig. 26 gezeigten Ergebnis folgt, der Beugungswinkel des als Strahlenteiler zum Lesen einer magnetischen Information verwendeten Raumbeugungsgitters im Bereich von 22° bis 100° oder von 100° bis 158° liegen.

3522849

Vorstehend wurde der Beugungswinkel aus der Toleranz des magnetooptischen Lesens gefunden; damit jedoch das Informationssignal gut erfaßt wird, ist es (in Fig. 26) erwünscht, die Verminderung im C/N-Verhältnis in den Bereich von -3 dB zu bringen. Dann ist die Beugungsleistung bei P-polarisiertem Licht 0,30 bis 0,70; wenn $\theta = 72^\circ$ bzw. $= 108^\circ$ ist; so ist $\cos^2 \theta = 0,10$; bei $\theta = 33^\circ$ bzw. 147° ist $\cos^2 \theta = 0,7$. Demzufolge ist es erstrebenswert, ein Raumbeugungsgitter mit einem Beugungswinkel von 33° bis 72° oder von 108° bis 147° für das Lesen einer magnetischen Information zu verwenden.

Die Fig. 27 zeigt ein Beispiel für ein Verfahren zur Herstellung eines für den Erfindungsgegenstand verwendeten Raumbeugungsgitters. Ein von einer Laser-Lichtquelle 217 ausgesandter Lichtstrahl wird von einem Spiegel 218 umgelenkt und dann durch einen Strahlenteiler 210 in zwei Strahlen geteilt, deren Durchmesser durch Strahlaufweitungssysteme mit Spiegeln 211 und 221, Mikroskopobjektiven 212, 222 und Kollimatorobjektiven 213, 223 aufgeweitet sowie zu parallelen Lichtstrahlen 214 und 224 gemacht werden. Diese Parallelstrahlen 214, 224 treten in ein räumliches (volumenartiges) Material 215, das für ein Hologramm empfindlich und auf ein Substrat 216 aufgebracht ist, mit unterschiedlichen Winkeln ein und interferieren miteinander, um dreidimensionale Interferenzstreifen zu bilden. Die auf diese Weise am hologrammpfeindlichen Material exponierten Interferenzstreifen werden in Form einer Änderung im Brechungsindex durch einen Entwicklungsvorgang aufgezeichnet und bilden ein Raumbeugungsgitter. Das für ein Hologramm empfindliche Material kann irgendein Material, z.B. Dichromatgelatine, sein.

Die Fig. 28A und 28B zeigen einen Strahlenteiler mit einem Beugungsgitter der Relief- oder Echelette-Bauart, wobei in Fig. 28A der allgemeine Aufbau des Beugungsgitters und in Fig. 28B der Ausschnitt E von Fig. 28A in größerem Maßstab

3522849

dargestellt sind. Wenigstens eines der transparenten Teile 231 und 232 mit demselben Brechungsindex hat eine Mehrzahl von geneigten Flächen, und an der Grenzfläche zwischen diesen geneigten Flächen ist eine Spiegelschicht 233 mit Polarisationsabhängigkeit vorgesehen, die ein Echelette-Beugungsgitter bildet. Die transparenten Teile 231, 232 werden zwischen Planparallelplatten 234, 235 gehalten, die jedoch nicht immer notwendig sind. Die Spiegelschicht 233 ist so ausgestaltet, daß sie eine Durchlässigkeit von nahezu 100% für P-polarisiertes Licht und einen Reflexionsgrad von annähernd 100% für S-polarisiertes Licht aufweist. Demzufolge wirkt dieser Polarisationsstrahlenteiler als eine bloße Planparallelplatte, die nahezu das gesamte P-polarisierte Einfallslight 236 durchläßt, während nahezu das gesamte S-polarisierte Einfallslight 237 gebeugt und zu einem gebeugten Licht 237' wird.

Gemäß Fig. 28B ist das Echelette-Beugungsgitter mit Dreieckform ausgestaltet, wobei die Teilung $d = 20 \mu\text{m}$, die Tiefe $\Delta = 10 \mu\text{m}$ und der Neigungswinkel $\alpha = 40^\circ$ sind. Bei diesem beispielhaften Fall konzentriert sich die Energie des gebeugten Lichts fast in der Richtung der regulären Reflexion der Spiegelschicht 233. Auch wird die Geschwindigkeit des gebeugten und des ungebeugten Lichts im wesentlichen durch die Kenndaten der Spiegelschicht 233 bestimmt. Durch Ausbilden der Spiegelschicht 233 nach Art der herkömmlichen Spiegelschicht 14 von Fig. 2 kann ein Strahlenteiler mit einer optischen Polarisationscharakteristik zum Lesen einer magnetischen Aufzeichnung in einer Konstruktion gemäß der Erfindung ebenfalls erhalten werden.

Das beschriebene Beugungsgitter kann auf einfache Weise nach einem Verfahren gefertigt werden, wonach ein reliefartiges lichtempfindliches Material, z.B. Photolack, einem Interferenzstreifen, der durch Überlagern von geteilten Lichtstrahlen der gleichen Laser-Lichtquelle - ein Strahl auf dem

3522849

anderen - erhalten wurde, ausgesetzt und entwickelt wird oder wonach in ein Substrat, das ein transparentes Teil umfaßt, mechanisch unmittelbar eingeschnitten wird. Auch kann ein solches Beugungsgitter bei guter Produktivität und billig hergestellt werden, indem durch Schneiden eine Matrix bearbeitet und eine Gitterstruktur auf ein transparentes Teil, z.B. aus Kunststoff, durch ein ein Einspritzen, Pressen oder einen Dünnschichtkopiervorgang einschließendes Verfahren übertragen wird. In diesem Fall wird die erwähnte Mehrzahl von geneigten Flächen an dem einen transparenten Teil ausgebildet und daran eine Spiegelschicht vorgesehen, worauf der Vorgang für das andere transparente Teil erneut abläuft. Auch können an beiden transparenten Teilen in einer Mehrzahl geneigte Flächen mit einander entsprechender Konkavität und Konvexität ausgebildet werden, auf die eine Spiegelschicht aufgebracht wird, worauf die Teile verbunden werden können, um einen Polarisationsstrahlenteiler zu bilden.

Die erwähnte Spiegelschicht von Polarisationslichtabhängigkeit kann durch Aufdampfen eines dielektrischen mehrschichtigen Films auf eine geneigte Fläche einer Beugungsgitterkonstruktion erhalten werden. Ein derartiger dielektrischer Mehrschichtenfilm ist aus der Literatur bekannt (Hiroshi Kubota: "Wave Optics", S. 236, veröffentlicht durch Iwanami Shoten, 2. Februar 1971) und zeigt einen hohen Reflexionsgrad für S-polarisiertes sowie einen niedrigen Reflexionsgrad für P-polarisiertes Licht, indem z.B. abwechselnd Schichten aus einer Substanz mit einem niedrigen und Schichten aus einer Substanz mit hohem Brechungsindex aufgedampft werden. In diesem Fall wird die Stärke d einer jeden Schicht durch $\cos \theta = \lambda/4$ bestimmt, worin n der Brechungsindex der die Schicht bildenden Substanz, θ der Einfallswinkel des Lichts und λ die verwendete Wellenlänge sind.

3522849

Die Fig. 29 zeigt die Charakteristik von Wellenlänge und Durchlaßgrad der gemäß der obigen Erläuterung ausgebildeten Spiegelschicht. Hierbei wurden vier MgF_2 -Schichten von niedrigem Brechungsindex ($n_L = 1,38$) und fünf ZnS -Schichten von hohem Brechungsindex ($n_H = 2,30$) abwechselnd auf eine geneigte Fläche einer Beugungsgitterkonstruktion laminiert, so daß eine Spiegelschicht mit insgesamt neun Lagen gebildet wurde. In Fig. 29 gibt die gestrichelte Linie 238 den Durchlaßgrad $|t_p|^2$ für P-polarisiertes Licht und die ausgezogene Linie 239 den Durchlaßgrad $|t_s|^2$ für S-polarisiertes Licht an. Demzufolge wird in einem großen Wellenlängenbereich, in dem die verwendete Wellenlänge enthalten ist, ein Durchlaßgrad von nahezu 100% für P-polarisiertes Licht erhalten. Was den Reflexionsgrad $|r_s|^2$ für S-polarisiertes Licht betrifft, so wird, obwohl das nicht gezeigt ist, in dem verwendeten Wellenlängenbereich ein Wert von nahezu 100% erreicht. Wenn andererseits der erfindungsgemäße Strahlenteiler für das Lesen einer magnetooptischen Aufzeichnung verwendet wird, so ist es notwendig, daß der Reflexionsgrad $|r_s|^2$ für S-polarisiertes Licht 100% und der Reflexionsgrad $|r_p|^2$ für P-polarisiertes Licht ein passender Wert in der Größenordnung von 30% sind, und ein solcher Strahlenteiler kann gleicherweise auch durch Änderung der Gestaltung der Spiegelschicht verwirklicht werden.

Das bei den beschriebenen Ausführungsformen (dritte bis sechste) verwendete Beugungsgitter beugt Licht, während das Licht zu einem Divergieren oder Konvergieren gebracht wird. Ein Beugungsgitter mit einer solchen Linsenwirkung kann, wie auf dem Gebiet der Hologrammlinse od. dgl. bekannt ist, auf einfache Weise erhalten werden. Durch Ausbilden einer jeden geneigten Fläche des Beugungsgitters zu einer konischen Gestalt um eine vorbestimmte Achse herum kann beispielsweise ein Beugungsgitter mit einer Brechkraft in einer die Richtung

der Anordnung des Gitters enthaltenen Ebene erlangt werden. Wenn das Gitter mit allmählicher Änderung seiner Teilung gebildet wird, so kann ein Beugungsgitter erhalten werden, in dem der Beugungswinkel von Ort zu Ort unterschiedlich ist und das eine Brechkraft in einer das auffallende sowie das gebeugte Licht enthaltenen Ebene hat. Selbstverständlich können diese miteinander kombiniert und mit einer zweidimensionalen Linienwirkung ausgestattet werden.

Anhand der Fig. 31 wird ein Verfahren unter Anwendung optischer Mittel zur Herstellung des in Fig. 30 gezeigten Beugungsgitters erläutert. Die von der gleichen Laser-Lichtquelle ausgesandten und durch ein (nicht dargestelltes) optisches System geteilten parallelen Lichtstrahlen 241 und 242 treten in konische Spiegel 243 und 244 ein, die eine gemeinsame, zur Drehachse 245 parallele Drehachse haben. Die beiden von den jeweiligen konischen Spiegeln reflektierten Lichtstrahlen werden zu einer konischen Wellenfront mit einer Brennlinie auf der Drehachse 245 und treten in ein hologrammpfändliches Material 247 auf einem Träger 246 ein. Der dann in einem Bereich 248 auf der Oberfläche des empfindlichen Materials 247 erzeugte Interferenzstreifen nimmt eine dreidimensional konische Gestalt an, deren Drehzentrum die Drehachse 245 ist. Durch Entwickeln des auf diese Weise exponierten Interferenzstreifens wird ein Beugungsgitter gebildet, das die in Fig. 30 gezeigte Konvergenzwirkung hat.

Der bei dem Erfindungsgegenstand verwendete Strahlenteiler kann auf einfache Weise durch Bearbeiten mehrerer solcher Strahlenteiler in einem Stück auf einem großen Träger und Ausschneiden dieser gefertigt werden. Auch dann, wenn der Strahlenteiler durch die Übertragung von einer Matrix, wie vorher erwähnt wurde, gefertigt wird, so ist das in besonderer Weise für eine Massenproduktion und eine Senkung der Pro-

duktionskosten geeignet. Das erfindungsgemäße Beugungsgitter kann die konvergente oder divergente Wirkung von verschiedenartig eingestellten gebeugten Lichtbündeln, ohne Anlaß zu Schwierigkeiten bei der Fertigung zu geben, erfüllen und insofern auf billige Weise eine zu einer asphärischen Linse gleichartige Wirkung erlangen. Ferner trifft bei dem erfindungsgemäßen Strahlenteiler das auffallende Licht auf die geneigten Flächen des Beugungsgitters ohne Rücksicht auf die Orte der geneigten Flächen unter einem vorbestimmten Winkel auf, weshalb in der Polarisationscharakteristik in Abhängigkeit von der Einfallsstelle des Lichtstrahls kein Unterschied auftritt, wie das bei dem Stand der Technik, wobei die verbundenen Flächen von Prismen eine Krümmung haben, der Fall ist.

Das eine Konkavlinienwirkung aufweisende, bei der dritten Ausführungsform (Fig. 8) verwendete Beugungsgitter kann unter Verwendung des in Fig. 32 gezeigten optischen Systems gefertigt werden. Hierbei wird ein von einer Laser-Lichtquelle 250, z.B. einem Argonlaser, ausgesandter Lichtstrahl von einem Spiegel 251 umgelenkt und durch einen Strahlenteiler 252 in zwei Strahlen geteilt. Der vom Strahlenteiler 252 reflektierte Lichtstrahl wird an einem Spiegel 263 umgelenkt, worauf seine Strahlenbreite durch ein Mikroskopobjektiv 264 erweitert und der Strahl durch ein Abbildungsobjektiv 265 konvergiert wird. Durch eine geneigt angeordnete Planparallelplatte 266 wird ein Lichtstrahl 267 mit dem notwendigen Öffnungs- und Asymmetriefehler erzeugt, der auf ein hologrammpfändliches Material 258 auf einem Substrat 259 trifft. Der durch den Strahlenteiler 252 getretene Lichtstrahl wird dagegen durch einen Spiegel 253 umgelenkt, worauf er zu einem konvergenten Lichtstrahl durch ein Mikroskopobjektiv 255 geformt wird, dem durch eine Zylinderlinse 256 ein Astigmatismus vermittelt wird. Dieser Lichtstrahl 257 trifft auf das hologrammpfändliche Material 258 und inter-

3522849

feriert mit dem Lichtstrahl 267; der Interferenzstreifen wird auf dem empfindlichen Material 258 exponiert, und durch Entwickeln dieses Materials wird das bei der dritten Ausföhrungsform (Fig. 8) verwendete Beugungsgitter erhalten. Den Lichtstrahlen 257 und 267 werden optimale Aberrationen vermittelt, wie gesagt wurde, und demzufolge erfüllt das resultierende Beugungsgitter die Bragg'sche Bedingung im Gebrauch auf seiner gesamten Oberfläche und bietet eine gewünschte Charakteristik.

Das Beugungsgitter kann auch durch Schneidbearbeitung einer Matrix und durch Injektion oder Kompression, wie schon erwähnt wurde, gefertigt werden, worauf im folgenden eingegangen werden wird.

Zur Fertigung einer Matrix wird, wie Fig. 33 zeigt, ein Formmaterial gedreht, wobei eine Form dadurch gebildet wird, daß ein Schneidwerkzeug 271, z.B. ein Diamant, in einer zur Zeichnungsebene senkrechten Richtung bewegt wird. Der Scheitelwinkel der Schneidkante am Werkzeug 271 wird durch die Winkel α und β (Fig. 34) bestimmt und beträgt im in Rede stehenden Beispiel etwa 65° . Das Formmaterial 270 kann ein Metall, z.B. Phosphorbronze, Messing oder Nickel, oder ein hochmolekulares Material, z.B. eine Lötmitteleinzelsubstanz, sein. Im Fall eines metallischen Formmaterials kann dieses unmittelbar als Stempel verwendet werden, was den Vorteil hat, daß der Fertigungsschritt für einen Stempel, z.B. durch Elektroformung, nicht notwendig ist. Wenn ein Schneiden ausgeführt wird, wie bei der in Fig. 33 gezeigten Methode, dann wird eine konzentrische, kreisförmige Reliefstruktur (Echelettestruktur) nach Fig. 34 erhalten. Die Fig. 34(a) zeigt in einer Vergrößerung einen Teil von Fig. 34(b) und in Fig. 34 ist $\alpha = 35^\circ$, $\beta = 80^\circ$ und die Teilung $\approx 20 \mu\text{m}$.

3522849

Anschließend wird, wie Fig. 35 zeigt, an einem Kunststoffmaterial 272, z.B. Akryl, eine Druckumformung ausgeführt.

Durch Anwendung einer geeigneten Temperatur und eines geeigneten Drucks an der Form 270 und dem Akrylmaterial 272 zur selben Zeit ist es möglich, zuverlässig die Reliefstruktur der Metallform 270 auf das Akrylmaterial 272 zu übertragen.

Auf der Reliefstruktur wird, wie Fig. 36 zeigt, eine Spiegelschicht 273, z.B. durch Aufdampfen, eingebracht. Die Spiegelschicht 273 kann einen mehr- oder einlagigen Aufbau haben. Auch kann sie aus einem dielektrischen Film aus z.B. MgFe_2 , TiO_2 , ZrO_2 oder SiO_2 bzw. aus einem Metallfilm aus z.B. Au, Ag, Al oder Cu bestehen.

Wie die Fig. 37 zeigt, wird die Reliefstruktur dann mit einer Substanz 274 mit einem Brechungsindex, der dem des Akrylmaterials 272 nahekommt, ausgefüllt. Durch Vorsehen einer Abdeckschicht 275 zu diesem Zeitpunkt kann die Oberfläche optisch glatt gemacht werden. Für diesen Zweck wird es vorgezogen, als Substanz 274 eine solche mit Klebewirkung zu nehmen, z.B. ein durch UV-Strahlen aushärtendes Akrylklebemittel. Das Abdeckmaterial 275 kann ebenfalls das Akrylmaterial 272 oder eine andere Substanz, z.B. Glas, sein.

Der Strahlenteiler gemäß der Erfindung wird durch den oben beschriebenen Vorgang gefertigt.

Es wurde vorstehend ein Beispiel beschrieben, wobei eine Metallform durch Druck auf ein Akrylmaterial für die Beugungsgitterstruktur übertragen wird, jedoch sind für die Herstellung dieser Gitterstruktur nicht nur das Spritzverfahren, sondern auch Epoxidmaterialien oder durch UV-Strahlen aushärtende Klebemittel verwendbar. Wenn bei Verwendung solcher Klebemittel eine dünne Kleberschicht auf einem Akryl-

oder Glassubstrat gebildet und ein Relief-Kopiervorgang ausgeführt wird, so ist das für die Planheit oder Glätte der Oberfläche des Strahlenteilers zweckmäßig. Wenn der Relief-Kopiervorgang unter Verwendung dieser Klebemittel zur Anwendung kommt, dann liegt ein Vorteil auch darin, daß das selbe Klebemittel, das während des Kopierens verwendet wird, auch als abdeckende Klebemittelschicht 274 nach der Ausbildung der Spiegelschicht 273 verwendet werden kann.

Die Fig. 38 zeigt ein Beispiel für die Herstellung eines Haupt-Gitterfeldes zur Fertigung des in Fig. 23 dargestellten Strahlenteilers. Eine Halte- oder Aufspannvorrichtung 280 zur Befestigung eines Gitterfeldrohlings ist am Spannfutter einer Präzisionsdrehmaschine befestigt, um ein Werkstück in bezug auf eine Spindel 290 (Fig. 38A) zu drehen, wobei die Haltevorrichtung 280 dazu ausgestaltet ist, die Elemente 282a, 282b und 283 des Gitterfeldes an vorbestimmten Stellen zu halten. Wenn die Haltevorrichtung 280 gedreht wird und eine Gitterfeldbearbeitung mit einem Schneidwerkzeug 289 erfolgt, dann kann ein Gitterfeld erhalten werden, das einen Lichtstrahl am vorbestimmten Ort konzentriert, wie Fig. 23 zeigt. Die Fig. 388 stellt eine Vergrößerung eines Teils des Gitterfeldes 283 dar.

Ein Haupt-Gitter kann durch Zusammensetzen und -bauen der so bearbeiteten Gitterfelder 282a, 282b und 283 an einem (nicht gezeigten) Träger erlangt werden.

Es wird nun ein Strahlenteiler beschrieben, der wie bei der vierten und fünften Ausführungsform (Fig. 9 und 16) ein vom Beugungsgitter gebeugtes Licht zum Strahlungsempfänger unter wiederholter Totalreflexion im Strahlenteiler leitet.

Die Fig. 39 zeigt die Strahlengänge im Strahlenteiler 293, wonach sich die von diesem geteilten Lichtstrahlen im Strahl-

lenteiler fortbewegen und zu einem Strahlungsempfänger 294 gerichtet werden. Der Strahlenteiler 293 hat eine Spiegelschicht 291, z.B. einen dielektrischen Film, die an der Oberfläche der Reliefstruktur ausgebildet ist.

Die Reliefstruktur zur Bildung des geteilten Lichts 292 hat zwei geneigte Flächen, nämlich die Fläche F und die Fläche G. Der von der Fläche F mit Bezug zu einer Ebene, in der sich das Beugungsgitter befindet, gebildete Winkel ist α , der von der Fläche G mit Bezug zur selben Ebene gebildete Winkel ist β .

Wenn ein Lichtstrahl 309 in den Strahlenteiler 293 von unten her eintritt, so wird er teilweise von der Schrägfläche F reflektiert, er wandert zur unteren Fläche 298 (oder zur oberen Fläche 297, was von der Neigung der Schrägfläche F abhängt) des Strahlenteilers 293 hin, er wird von dieser unteren (oder oberen) Fläche 298 (oder 297) reflektiert und pflanzt sich durch den Strahlenteiler 293 fort, wobei er von der oberen (oder unteren) Fläche 297 (oder 298) und der unteren (oder oberen) Fläche 298 (oder 297) des Strahlenteilers 293 total reflektiert wird und dann am Strahlungsempfänger 294 anlangt sowie von diesem erfaßt wird.

Wenn, wie oben gesagt wurde, die Bedingung so festgesetzt wird, daß das Licht von der unteren oder oberen Fläche des Strahlenteilers 293 total reflektiert wird, so sind die folgenden Vorteile hervorzuheben. Durch die Totalreflexion des Lichts wird die durchgelassene Komponente null und der Verlust an Lichtmenge während der Reflexion ebenfalls null, so daß die Ausbreitungswirkung des Strahlungsempfängers erhöht wird. Auch kann durch den erfindungsgemäßen Strahlenteiler, der mit Totalreflexion arbeitet, die Wirkung einer Konzentration des Lichts in Richtung der Dicke des Strahlenteilers erreicht werden.

3522849

Die Wirkung bzw. der Erfolg der Totalreflexion des Lichts ist, wie oben gesagt wurde, groß, wogegen, wenn der optische Kopf die Platteninformation verfolgt und fokussiert, das reflektierte Licht nicht immer unter einer vorgegebenen Beugung eintritt, weshalb es nötig ist, eine Bedingung zu erfüllen, unter der das Licht total reflektiert wird, selbst wenn der Lichteinfallswinkel einer Abweichung unterliegt.

Wenn (Fig. 39) bei den in den Strahlenteiler 293 eintretenden Lichtstrahlen der Einfallswinkel x des Lichtstrahls, der zum Strahleneinfänger 294 durch Totalreflexion gerichtet werden muß,

$$x_1 \leq x \leq x_2 \quad (x_1 < 0; x_2 > 0)$$

ist, dann ist der Winkel ϕ , unter dem das von der Schrägfläche F reflektierte Licht auf die untere Fläche 298 des Strahlenteilers trifft,

$$2\alpha + x_1 \leq \phi \leq 2\alpha + x_2.$$

Demzufolge ist die Bedingung für diesen total zu reflektierenden Lichtstrahl

$$2\alpha + x_1 \geq \theta_c \quad (\theta_c = \text{kritischer Winkel})$$

wobei $\theta_c = \arcsin(1/n)$.

$$\text{Wenn } \alpha \geq 1/2(\theta_c - x_1)$$

ist, dann wird folglich der gesamte Lichtstrahl durch die untere Fläche 298 total reflektiert.

Bei gleichartiger Betrachtung des Falls, bei dem der einfallende Lichtstrahl 309 zur oberen Fläche 297 nach einer Reflexion durch die Schrägfläche F hin wandert, wird eine Beugung erhalten, daß

$$\alpha \leq 1/2(180^\circ - \theta_c - x_2)$$

ist. Durch Kombination beider Bedingungen erhält man

$$1/2(\theta_c - x_1) \leq \alpha \leq 1/2(180^\circ - \theta_c - x_2).$$

3522849

Das ist die Bedingung für die Totalreflexion innerhalb des vorbestimmten Bereichs von x .

Wenn der von der Beugungsgitterstruktur gebeugte Lichtstrahl wieder in diese Struktur eintritt, so wird ein Teil des ursprünglich zum Strahlungsempfänger gerichteten Lichtstrahls in eine andere Richtung abgelenkt und ein nachteiliges oder schädliches Licht erzeugt.

Die Fig. 40 zeigt die Art und Weise, wie solch schädliches Licht erzeugt wird. Der von der optischen Platte zurückgeworfene Lichtstrahl 309 wird von der reflektierenden Schrägfläche F umgelenkt und von der unteren Fläche 298 des Strahlenteilers total reflektiert, worauf er wieder durch eine reflektierende, an einer anderen Stelle befindliche Schrägfläche F reflektiert wird und einen schädlichen Lichtstrahl 299 hervorruft. Wenn ein solches schädliches Licht 299 erzeugt wird, so wird der ursprünglich zum Strahlungsempfänger 294 zu leitende Lichtstrahl verringert, wodurch nicht nur das Stör- zu Nutzsignalverhältnis herabgesetzt wird, sondern auch eine Signalabdrift in bezug auf das Fokus- sowie Nachführfehlersignal auftritt, was wiederum zu ernsthaften Schwierigkeiten führt insofern, als eine korrekte Selbstfokussierung und -nachführung nicht erzielt werden.

Als einfache Verfahren zur Verhinderung einer Erzeugung des schädlichen Lichtstrahls 299 gibt es die Annäherung des Neigungswinkels α der reflektierenden Schrägfläche F an 45° und die geeignete Erhöhung der Dicke des Strahlenteilers 293. Das erstgenannte Vorgehen ist aus sich selbst klar, das zweite Verfahren wird im folgenden erläutert.

Wenn in Fig. 40 der Neigungswinkel der spiegelnden Schrägfläche F gleich α , die Dicke der unteren Seite des Gitters gleich d_1 und die horizontale Länge des gebeugten Licht-

3522849

Strahls 292 bis zu seiner Reflexion durch die untere Fläche 298 und zu seinem Auftreffen auf ein anderes Gitter gleich l_1 ist, dann gilt zwischen d_1 und l_1 die folgende Beziehung:

$$l_1 = 2d_1 \operatorname{tg}(2\alpha + x_1).$$

Man ist nun bestrebt, für den optischen Kopf eine Auslegung zu finden, durch die der schädliche Lichtstrahl 299 in einem Fall nicht erzeugt wird, für den angenommen wird, daß die Brennweite f der Objektlinse gleich 4,5 mm, daß $n_{A1} = 0,47$ und daß die vertikale Schwingung der Platten- oder Scheibenfläche $\pm 20 \mu\text{m}$ ist.

Für diese Bewegung der Plattenfläche mit $\pm 20 \mu\text{m}$ erzeugt der äußerste Lichtstrahl, der in der Winkeländerung am größten ist, eine Winkeländerung von $\pm 0,24^\circ$. Nimmt man an, daß der Brechungsindex n des Strahlenteilers 293 gleich 1,5 ist und Licht in den Strahlenteiler im wesentlichen rechtwinklig zu diesem eintritt, so ist bei $x_1 = -0,16^\circ$ der wirksame Durchmesser des Lichtstrahls dann $4,5 \times 0,47 \times 2 = 4,23 \text{ mm}$, weshalb d_1 , wenn $l_1 = 5 \text{ mm}$ ist, in der folgenden Weise berechnet wird:

$$\begin{aligned} d_1 &= l_1 / 2 \operatorname{tg}(2\alpha + x_1) \\ &= 5 / 2 \operatorname{tg}(2,25^\circ - 0,16^\circ) \\ &= 0,92 \text{ (mm)}. \end{aligned}$$

Demzufolge kann die Dicke der unteren Seite des Strahlenteilers 0,92 mm oder mehr betragen.

Wenn bei dem erfindungsgemäßen optischen Kopf der vorher erwähnte Halbleiterlaser als Lichtquelle verwendet wird, so wird die Wellenlänge der Lichtquelle durch die Änderung in der Umgebungstemperatur und die Schwingung im Erregerstrom während des Betriebs verändert. Der Einfluß einer solchen Wellenlängenänderung wird im folgenden erläutert.

3522849

Die Fig. 41 zeigt den bei der fünften Ausführungsform (Fig. 16) verwendeten Strahlenteiler 123 in einer Ansicht vom Halbleiterlaser 71 her. Es sei angenommen, daß eine Wellenlängenschwankung seitens der Laser-Lichtquelle 71 eingetreten ist. Die Laufrichtung des gebeugten Lichts 300 schwankt geringfügig. In Fig. 41 und 42 sind die Lichtmengenschwankungen 300a', 300b' und 300c' dargestellt, die auftreten, wenn die Wellenlänge der Lichtquelle schwankt. Die durch diese Wellenlängenschwankung hervorgerufene Änderung in der Richtung ist diejenige, in der das Licht durch das Beugungsgitter gebeugt wird. Somit schwanken in Fig. 42 die Lichtmengenverteilungen 300a', 300b' und 300c' in vertikaler Richtung der Lichtmengenverteilungen 300a, 300b und 300c des Falls, in dem eine Schwankung nicht auftritt. Durch Ausbilden der Strahlungsempfängerflächen 86a, 86b, 86c und 86d des Strahlungsempfängers 86 mit relativ großen Abmessungen in der Richtung, in der sich der Lichtstrahl für diese Wellenlängenschwankung fortpflanzt, wie in Fig. 42 gezeigt ist, und durch Anordnung der Teilungslinie einer jeden Strahlungsempfängerfläche parallel zu der gesamten Richtung wird der Ausgang eines jeden Strahlungsempfängerteils schwerlich beeinflusst, selbst wenn eine Wellenlängenschwankung der Lichtquelle eintritt, und somit kann eine korrekte Selbstfokussierung und -nachführung erzeugt werden.

Wenn, wie Fig. 43A zeigt, die Abmessungen in der Richtung der Bewegung des Lichtstrahls nicht relativ groß sind oder wenn, wie Fig. 43B zeigt, die Teilungslinien der Strahlungsempfängerflächen 86a, 86b, 86c und 86d nicht parallel zur Bewegungsrichtung des Lichtstrahls sind, so wird ein Übelstand insofern auftreten, als die vom gesamten Strahlungsempfänger 86 aufgenommene Lichtmenge vermindert wird und die Ausgänge der Strahlungsempfängerflächen 86a, 86b, 86c und 86d durch die Wellenlängenschwankung der Lichtquelle verändert werden.

3522849

Bei der Ausführungsform von Fig. 16 führt der Strahlenteiler 123 jedoch die in Fig. 44 gezeigte Funktion aus, um den oben erwähnten Übelstand auszuschalten. Die Lichtstrahlen 300 und 300' stellen gebeugte Strahlenbündel benachbarter Ordnung dar, z.B. gebeugtes Licht der 17. und 18. Beugungsordnung. Diese gebeugten Strahlen wandern unter sich wiederholender Totalreflexion an den Oberflächen der Planplatten 124, 126 weiter und treten in den Strahlungsempfänger 86 ein. Durch dieses Lenken der gebeugten Lichtstrahlen vom Beugungsgitter des Strahlenteilers 123 zum Strahlungsempfänger 86, wobei sie zu einer Totalreflexion im Strahlenteiler gebracht werden, können die tatsächlich wirksamen Abmessungen der Strahlungsempfängerflächen im Empfänger 86 in der Richtung der Schwankung des Lichtstrahls auf einige Male vergrößert werden.

Ein anderes Verfahren zur Lösung des angesprochenen Problems wird unter Bezugnahme auf die Fig. 45 und 46 erläutert, die in einer Drauf- bzw. Seitenansicht den Aufbau des gemäß der Erfindung verwendeten Strahlenteilers zeigen.

Bei diesem Strahlenteiler 303 ist das Beugungsgitter in die Gitterfelder 302a, 302b und 301 unterteilt, die den Lichtstrahl beugen oder reflektieren und ihn konvergieren, so daß Brennpunkten in unterschiedlichen Richtungen gebildet werden. Der Lichtstrahl vom Gitterfeld 301 wird durch den Strahlenteiler fortgeleitet, in einer zur Zeichnungsebene senkrechten Richtung durch ein optisches System 307 (z.B. eine Zylinderlinse) mit unterschiedlichen prozentualen Verkleinerungen in zwei Richtungen konzentriert und von einem zweiteiligen Strahlungsempfänger 304 erfaßt. Die Teilungslinie zwischen den Gitterfeldern 302a und 302b fällt mit der Richtung AA' des Spurbildes zusammen. Die gebeugten Lichtstrahlen der Gitterfelder 301, 302a und 302b werden, wie Fig. 46 zeigt, durch den Strahlenteiler 303 unter sich

3522849

wiederholender Totalreflexion fortgeleitet, worauf die gebeugten Strahlen mehr in der Richtung der Schwankung als in der anderen Richtung durch das optische System 307, das unterschiedliche prozentuale Verkleinerungen in zwei Richtungen hat, verkleinert und an den Empfängerflächen der Strahlungsempfänger 304, 305 und 306 konzentriert werden. Durch dieses Verfahren werden die Abmessungen der Strahlungsempfängerflächen mit Bezug auf die Schwankungsrichtungen des gebeugten Lichts wesentlich vergrößert.

Werden die Bereiche der Empfängerflächen der Strahlungsempfänger klein gemacht, so wird die Möglichkeit gegeben, die elektrische Kapazität zu vermindern, was zu dem Vorteil führt, daß ein optischer Kopf mit einem hohen C/N-Verhältnis bis zu einem hohen Signalfrequenzband konstruiert werden kann.

Im Fall der zweiten Ausführungsform (Fig. 7), wobei das gebeugte Licht nicht durch den Strahlenteiler weitergeleitet wird, kann für die Schwankung des gebeugten Lichts eine Konstruktion, wie in Fig. 47 gezeigt ist, angewendet werden, wobei es sich hierbei um die siebente Ausführungsform eines optischen Kopfes gemäß der Erfindung handelt. Das von einer Aufzeichnungsfläche 100 reflektierte Licht 320 tritt in einen Strahlenteiler 323 ein, der aus zwei Planplatten 324, 326 und einem Beugungsgitter 325 besteht, es wird zu gebeugtem Licht 321 und wird von einem Strahlungsempfänger 333 durch einen Analysator 322 erfaßt. Wenn die oszillierte Wellenlänge eines Halbleiterlasers 71 lang geworden ist, so wird der Winkel, unter dem das gebeugte Licht 321 erzeugt wird, im Verhältnis zu dieser Änderung in der Wellenlänge groß, was zum Ergebnis hat, daß das gebeugte Licht 321 einen Lichtfleck an einer dem Strahlenteiler 323 nahen Stelle hervorruft.

3522849

Die Fig. 48 zeigt die Beziehung zwischen einem Verfahren zur Teilung eines Strahlungsempfängers 333 und dem Lichtfleck. Selbst wenn sich der Lichtfleck 321 zum Lichtfleck 321' hin ändert, so wird kein Abdriften des Arbeitspunkts AF auftreten, weil die Teilungslinie des Strahlungsempfängers 323 in eine Richtung eingestellt ist, in der das gebeugte Licht durch die Wellenlängenschwankung der Lichtquelle verschoben wird.

Wenn der erfindungsgemäße optische Kopf für das Lesen der Information an einem magnetooptischen Aufzeichnungsmedium verwendet und darüber hinaus ein gebeugtes Licht zu einem Strahlungsempfänger unter totaler Reflexion in einem Strahlenteiler, wie er in Fig. 7 gezeigt ist, gerichtet wird, so tritt zwischen der P- und der S-polarisierten Lichtkomponente des gebeugten Lichts eine Phasendifferenz auf. Ist diese Phasendifferenz zu groß, so kann das gebeugte Licht zu einem elliptisch polarisierten Licht und in manchen Fällen das Signalstörverhältnis herabgesetzt werden.

Die Fig. 49 zeigt den Aufbau einer achten Ausführungsform eines optischen Kopfes gemäß der Erfindung, wonit die oben angesprochene Änderung im polarisierten Zustand unterdrückt wird. Hierbei sind Spiegelschichten 350 und 351 an den Teilen der Ober- sowie Unterfläche von Planplatten 344 bzw. 346, die nicht im Strahlengang des Lichts vom Halbleiterlaser 71 liegen, angebracht. Ferner können auf diesen Spiegelschichten 350, 351 nach Erfordernis Schutzschichten 352 und 353 aufgebracht sein, um eine Beschädigung oder Verschmutzung der Spiegelschichten 350 und 351 zu verhindern. Diese Spiegelschichten können dünne Metallfilme, z.B. aus Silber, Aluminium oder Chrom, oder mehrlagige Filme, die eine Lage mit hohem Brechungsindex (z.B. ZnS oder CeO_2) und eine Lage mit niedrigem Brechungsindex (z.B. MgF_2)

3522849

umfassen, sein, die so ausgestaltet sind, daß sie den Polarisationszustand nicht ändern. Die dünnen Metallfilme können mittels eines üblichen Verfahrens sehr leicht ausgebildet werden und darüber hinaus in ausreichender Weise die Änderung im polarisierten Zustand des reflektierten Lichts unterdrücken. Andererseits können die mehrlagigen Filme der obigen Art zuverlässig jegliche Änderung im polarisierten Zustand des reflektierten Lichts ausschalten.

Zuerst tritt der vom Halbleiterlaser 71 ausgesandte P-polarisierte Lichtstrahl durch ein Kollimatorobjektiv 72, einen Strahlenteiler 343 und eine Objektlinse 78, er wird auf eine an einem Substrat 99 ausgebildete Aufzeichnungsfläche 100 konzentriert und bildet auf dieser einen Fleck. Während des Aufzeichnens wird durch eine Modulation des Lasers 71 ein Grübchen an der Aufzeichnungsfläche 100 erzeugt.

Wenn der Fleck auf der Aufzeichnungsfläche 100, die eine magnetisch erzeugte Aufzeichnung trägt, gebildet wird, so wird die Polarisationssebene des reflektierten Lichts 341 entsprechend der aufgezeichneten Information durch den magnetischen Kerr-Effekt (Kerr-Drehung) gedreht. Dann wird das reflektierte Licht 341, das die aufgezeichnete Information als eine Änderung im polarisierten Zustand enthält, durch das Beugungsgitter 345 des Strahlenteilers 343 gebeugt und wird zum gebeugten Licht 342, das unter wiederholter Reflexion durch die Spiegelschicht 350 oder 351 zum Strahlungsempfänger 86 gerichtet wird, in den es durch den Analysator 89 eintritt. Wie bereits gesagt wurde, wird die aufgezeichnete Information durch den Analysator 89 in eine Änderung in der Lichtmenge umgewandelt, und diese Lichtmengenänderung oder -schwankung wird vom Strahlungsempfänger 86 in ein elektrisches Signal umgesetzt.

3522849

Auf diese Weise wird das die aufgezeichnete Information als eine Änderung im Polarisationszustand enthaltende gebeugte Licht 342 durch die Spiegelschicht 350 oder 351 reflektiert, weshalb der polarisierte Zustand des gebeugten Lichts 342 schwerlich variiert und dieses Licht unter Beibehaltung eines exakt der an der Aufzeichnungsfläche 100 aufgezeichneten Information entsprechenden Polarisationszustandes zum Analysator 89 gerichtet wird. Demzufolge ist das durch den Analysator 89 in den Strahlungsempfänger 86 eintretende Licht ein pulsierendes Licht, das exakt mit der aufgezeichneten Information übereinstimmt.

Die Fig. 50 zeigt den Strahlengang bei der in Rede stehenden Ausführungsform. Das Beugungsgitter 345 hat eine spiegelnde Schrägfläche F, durch die das gebeugte Licht 342 gebildet wird, und eine andere Schrägfläche G. Der von der Schrägfläche F mit Bezug zu einer Ebene, in der das Beugungsgitter 345 liegt, gebildete Winkel ist α , der von der Schrägfläche G mit Bezug zur gleichen Ebene gebildete Winkel ist β .

Das von der Aufzeichnungsfläche 100 zurückgeworfene Licht 341 tritt als ein paralleler Lichtstrahl in den Strahlenteiler 343 ein, wenn die Aufzeichnungsfläche 100 in der fokussierten Lage ist. Weicht diese Fläche 100 jedoch von der regulären fokussierten Lage ab, so ändert sich die Gestalt des reflektierten Lichts 341 von einem parallelen Lichtstrahl zu einem konvergenten oder divergenten Licht. Demzufolge ändert sich die Einfallsrichtung des einfallenden Lichts 341 konform mit der Größe der Abweichung des Brennpunkts, was mit Bezug auf Fig. 50 bedeutet, daß der Einfallswinkel x des reflektierten Lichts 341 auf das Beugungsgitter 345 einen gewissen Bereich ($x_1 \leq x \leq x_2$) hat, weshalb sich auch die Wanderrichtung des gebeugten Lichts 342 ändert und dessen Einfallswinkel auf die obere Fläche 354 der Planplatte 344 oder auf die untere Fläche 355 der Plan-

3522849

platte 346 unterschiedlich wird. Eine zu der Ebene, in der das Beugungsgitter 345 liegt, rechtwinklige Richtung ist hier jedoch der Bezug und x_1 ist ein negativer Wert.

Gemäß der Erfindung können aber die Spiegelschichten 350 und 351 als mehrschichtige Filme ausgebildet werden, die keine Phasendifferenz für Lichtstrahlen mit unterschiedlichen Einfallswinkeln x hervorrufen, weshalb in jedem Fall das gebeugte Licht 342 zum Analysator 89 ohne eine Änderung im Polarisationszustand gerichtet werden kann.

Das Beugungsgitter 345 kann von der Volumen- oder Braze-Bauart sein. Im Fall eines Beugungsgitters der Braze-Bauart kann durch eine Ausbildung der Spiegelschichten 350 und 351 derart, daß selbst für gebeugte Strahlen von vielen anderen als vorbestimmten Ordnungen eine Phasendifferenz nicht hervorgerufen wird, ein Strahlenempfang ohne einen Lichtmengenverlust wirksam bewerkstelligt werden.

Der optische Kopf gemäß der Erfindung ist auch auf die Differentialerfassung von Signalen anwendbar, wofür ein Beispiel gegeben wird.

Die Fig. 51 zeigt schematisch eine Draufsicht auf einen Strahlenteiler 360, bei dem die Differentialerfassungsmethode zur Anwendung kommt. Das Beugungsgitter 361 des Strahlenteilers 360 besteht aus drei Teilbereichen H, I und J (s. auch Fig. 23). Der Lichtstrahl vom Bereich H wird im wesentlichen auf einen zweiteiligen Strahlungsempfänger 364 konzentriert und überstreicht dessen Lichtempfangsflächen 362, 363 in Übereinstimmung mit dem Abstand zwischen einer Objektivlinse und einem Aufzeichnungsmedium. Die von den Bereichen I und J geteilten Lichtstrahlen gehen durch die Polarisationsplatten (polarisierende Elemente) 365 bzw. 366 und werden im wesentlichen auf Strahlungsempfänger

3522849

367 bzw. 368 konzentriert, in die sie eintreten. Die Polarisationstransmissionsachsen der Polarisationsplatten 365, 366 sind im wesentlichen symmetrisch (z.B. unter etwa $\pm 45^\circ$, wie Fig. 52 zeigt) zur Polarisationssebene des auffallenden Lichtstrahls angeordnet. Das Signalstörverhältnis kann manchmal vergrößert werden, wenn der Winkel der Transmissionsachsen der Polarisationsplatten auf 45° oder mehr in Abhängigkeit vom Rauschen des magnetooptischen Mediums festgesetzt wird. In diesen Fällen ist es nicht erstrebenswert, daß der Winkel auf die Nähe zu 45° begrenzt wird, sondern auf einen optimalen Winkel festgesetzt wird, für den das Signal-Rausch-Verhältnis am größten ist.

Die Vorteile dieser Differentialerfassungsmethode werden im folgenden erläutert.

Die Fig. 52A und 52B zeigen schematisch Signalamplitudenkomponenten, die an den Strahlungsempfängern 367 bzw. 368 ankommen. Wenn in diesen Figuren die Ordinate die Polarisationsrichtung des auffallenden Lichtstrahls wiedergibt, so ist die Polarisationssebene des vom Aufzeichnungsmedium reflektierten Lichtstrahls in Abhängigkeit von der Richtung (aufwärts oder abwärts) des magnetisierten Teils der magnetooptischen Struktur um θ_k oder $-\theta_k$ gedreht. Die Unterschiede S_1 und S_1' zwischen den auf die Transmissionsachsen x und x' (d.h. die um $\pm 45^\circ$ geneigten, gestrichelt angegebenen Achsen) der Polarisationsplatten 365 und 366 projizierten Komponenten sind die Signalamplitudenkomponenten.

Die Drehwinkel θ_k und $-\theta_k$ werden durch die magnetooptische Struktur mit der Zeit verändert, weshalb die Änderungen in der Intensität der von den Strahlungsempfängern 367, 368 empfangenen Signale um 180° außer Phase zwischen den geteilten Lichtstrahlen sind, wie die Fig. 53A und 53B zeigen.

3522849

Die magnetooptischen Signale werden, wie oben beschrieben wurde, in der Phase umgekehrt, doch üblicherweise reiten Rauschkomponenten (Rauschen vom Aufzeichnungsmedium, Schwankungen des Lichts usw.) auf diesen Signalen, und diese Rauschkomponenten sind von gleicher Phase.

Wenn das Differential zwischen den von den Empfängern 367 und 368 erhaltenen Signalen genommen wird, so verstärken sich demzufolge die Signalkomponenten untereinander und die Rauschkomponenten werden kleiner, so daß, wenn das optische System akkurat angeordnet ist, S_1^2 und $S_1'^2$ einander gleich und auch die Rauschamplituden einander gleich sind, weshalb die Signale verdoppelt werden, während das Rauschen zu null wird (Fig. 53C).

Es sei angenommen, daß von den Strahlungsempfängern 362, 363, 367 und 368 erhaltene Signale I_1 , I_2 , I_3 und I_4 sind (Fig. 51). Da die AF- und AT-Signale üblicherweise im Vergleich zum Informationssignal niederfrequente Komponenten sind (die AF- und AT-Signale haben 20 kHz oder weniger, während das Informationssignal mehrere 100 kHz bis mehrere MHz hat), kann der Durchschnittspegel der magnetooptischen Signale, der in den Fig. 53A und 53B gezeigt ist, in Betracht gezogen werden.

Verschiedene erwünschte Signale werden somit erhalten durch:

AF-Signal = niederfrequente Komponente von $(I_1 - I_2)$

AT-Signal = niederfrequente Komponente von $(I_3 - I_4)$

Informationssignal $S =$ Signalbandkomponente von $(I_3 - I_4)$.

Gemäß Fig. 51 dient ein Differentialverstärker 369 zur Verarbeitung des AF-Signals, ein Differentialverstärker 370 zur Verarbeitung des AT- und des Informationssignals S , während ein Tiefpaßfilter 371 der Extraktion des AT-Signals

3522849

und ein Hochpaßfilter 372 der Extraktion des S-Signals dient.

Der erfindungsgemäß verwendete Strahlenteiler kann mit anderen optischen Elementen (z.B. einem Objektiv und einem Prisma) kombiniert werden, um den Aufbau des optischen Kopfes noch weiter zu vereinfachen, und eine solche Ausführungsform wird im folgenden beschrieben.

Bei der in Fig. 54 gezeigten neunten Ausführungsform eines optischen Kopfes gemäß der Erfindung wird der von einem Halbleiterlaser 71 ausgesandte Lichtstrahl durch ein Kollimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl ausgebildet, der auf ein Ablenkprisma 380 trifft, an dessen Spiegelfläche 381 er abgelenkt wird, worauf er in einen Strahlenteiler 383 eintritt. Das Prisma 380 ist an eine erste Planparallelplatte 384 des Strahlenteilers 383 fest angeklebt. Der Lichtstrahl tritt durch diese Planplatte 384, durch eine weitere Planplatte 386 und wird durch eine Objektivlinse 78 auf ein Informationsaufzeichnungsmedium 100 an einer Platte 99 konzentriert.

Wenn das Aufzeichnungsmedium 100 von magnetooptischer Art ist, dann bewirkt das reflektierte Licht in Übereinstimmung mit der Magnetisierungsrichtung eine Kerr-Drehung. Der reflektierte Lichtstrahl wird vom Beugungsgitter 385 zurückgeworfen und wird zu einem Lichtstrahl 382, der durch einen Analysator 89 und in einen Strahlungsempfänger 86 tritt.

Am Strahlungsempfänger 86 werden durch die verschiedenen erläuterten Systeme eine Selbstfokussierung und -nachführung bewerkstelligt.

3522849

Bei dieser Ausführungsform ist das Prisma 380 mit dem Strahlenteiler 383 einstückig verklebt, weshalb es möglich wird, einen optischen Kopf zu schaffen, der ein besonderes Bauteil zum Halten der Teile nicht benötigt, der kompakt sowie von leichtem Gewicht ist und eine hohe Zuverlässigkeit aufweist.

Ein weiterer Vorteil ist, daß die an der Verbindungsfläche reflektierte Lichtmenge klein ist und eine Antireflexions-schicht nahezu unnötig wird oder ein ausreichender Effekt durch eine einfache Filmbildung erhalten werden kann.

Diese Ausführungsform ist so ausgestaltet, daß eine Reliefkopie des Gitters an der Planplatte 386, die ein Träger ist, durch Verwendung eines durch Wärme oder UV-Strahlen härtenden Klebmittels genommen und eine Spiegelschicht am Gitter ausgebildet wird, worauf die Planplatte 384 unter Verwendung eines Klebmittels mit demselben Brechungsindex daran festgeklebt wird. Das als Abdeckung verwendete Bauteil muß nicht immer eine Planparallelplatte sein.

Die Fig. 55 zeigt eine zehnte Ausführungsform gemäß der Erfindung, die auf diesem Konzept beruht. Ein den Strahlengang ablenkendes Prisma 380 mit einer Spiegelfläche 381 wird als eine Abdeckung verwendet, wenn an dem Beugungsgitter 385 eine Klebmittelschicht von gleichem Brechungsindex ausgebildet wird. Als Ergebnis der Anwendung einer solchen Konstruktion folgt, daß die Anzahl der optischen Bauteile um eines im Vergleich zur vorherigen Ausführungsform vermindert wird, wie auch die Zahl der verbundenen Flächen um eine vermindert wird, so daß die Kompaktheit und das geringe Gewicht gesteigert werden und eine erhöhte Zuverlässigkeit erreicht wird. Als Sekundäreffekt der Erfindung ist der Vorteil herauszustellen, daß der zum Strahlungs-

3522849

empfänger 86 gerichtete Lichtstrahl 382 durch ein einziges optisches Bauteil 396 wandert und deshalb die Polarisation des Lichtstrahls kaum gestört wird.

Bei der in Fig. 56 gezeigten elften Ausführungsform wird der vom Halbleiterlaser 71 kommende Lichtstrahl durch ein Kollimatorobjektiv 72 zu einem parallelen Lichtstrahl ausgebildet, der eine weite räumliche Intensitätsverteilung in einer Richtung hat. Dieser Lichtstrahl wird von einem Prisma 400 gebrochen und wird zu einem Lichtstrahl, der eine im wesentlichen rotationssymmetrische Intensitätsverteilung aufweist, welcher dann zu einer Objektivlinse 78 mit gutem Durchlaßgrad gerichtet wird. Bei dieser Ausführungsform wird ein Beugungsgitter an der Unterseite des Prismas 400 nach der Spritz- oder Kompressionsmethode ausgestaltet, das mit einer Planplatte 406 mittels eines Klebemittels 405, um dadurch einen Strahlenteiler 403 zu bilden, verklebt wird.

Bei der zwölften Ausführungsform, die in Fig. 57 gezeigt ist, ist ein Kollimatorobjektiv 407 mit einem Indexverteilungsobjektiv einstückig an ein den Strahlengang ablenkendes Prisma 380 und an einen Halbleiterlaser 71 geklebt. Wenn es erforderlich ist, kann eine Spiegelschicht 408 an einer Planparallelplatte 396 ausgebildet werden.

Bei der in Fig. 58 gezeigten 13. Ausführungsform besetzt das Kollimatorobjektiv aus einem kugelsymmetrischen Indexverteilungsobjektiv 409 mit einer Spiegelfläche 410 an einer durch das Zentrum des Objektivs verlaufenden Ebene. Eine Abdeckschicht oder ein Klebemittel 411 mit niedrigem Brechungsindex kommt zur Anwendung, um den Totalreflexionszustand in einer Planparallelplatte 396 zu erfüllen.

Gemäß Fig. 59 (14. Ausführungsform) wird als Kollimatorobjektiv ein Parabolspiegel 413 verwendet, während ein

3522849

Beugungsgitter 395 und ein Halbleiterlaser 71 durch Kleben an einem Glasblock 312 befestigt sind.

Das in Fig. 60 (15. Ausführungsform) gezeigte Beugungsgitter ist mit Bezug zu einer Kunststoff- oder Glasplatte in einem Injektions- oder Kompressionsverfahren gefertigt. Die eine Fläche eines optischen Bauteils 426 ist nach Art einer Konvexlinse, die als Kollimatorobjektiv dient, ausgebildet, während an der anderen Fläche des Bauteils 426 ein Beugungsgitter ausgestaltet ist, das eine durch Aufdampfen auf einen nötigen Flächenbereich erzeugte Spiegelschicht hat, die mittels eines Klebemittels 425 von im wesentlichen demselben Brechungsindex an einer Planparallelplatte 424 befestigt wird. Durch die Anwendung dieser Konstruktion kann die Anzahl der Bauteile weiter vermindert werden. Wird die Brennweite des Kollimatorobjektivs lang angesetzt, so wird auch noch der Vorteil erreicht, daß das Gitter ein gerades Gitter ist, jedoch die gleiche Funktion erzielen kann.

Bei der in Fig. 61 gezeigten (16.) Ausführungsform wird der Lichtstrahl von einem Halbleiterlaser 71 durch die Spiegelfläche 431 eines Ablenkspiegels 430 abgelenkt, worauf er in ein Kollimatorobjektiv 434 eintritt und zu einem parallelen Lichtstrahl wird. An der Unterseite des Kollimatorobjektivs 434 wird während des Spritz- oder Druckformvorgangs ein Beugungsgitter ausgebildet, was den Vorteil zum Ergebnis hat, daß die Justierung der optischen Achse des Objektivs und der Teilungsstelle der Gitteroberfläche in akkurater Weise ausgeführt werden kann.

Wie die Fig. 62 zeigt (17. Ausführungsform), kann das Kollimatorobjektiv 447 an das an einer Planparallelplatte 446 zur Bildung eines Strahlenteilers 443 ausgestaltete Beugungsgitter 445 geklebt werden. Das Licht vom Halbleiter-

3522849

laser 71 wird an einer Spiegelplatte 440 reflektiert und zum Strahlenteiler 443 gerichtet.

Das Ausarbeiten eines Beugungsgitters der Relief-Bauart an der einen Fläche eines optischen Bauteils und das Ausarbeiten eines Objektivs (einer Linse) an der anderen Fläche des optischen Bauteils durch einen Druck- oder Spritzformvorgang hat jedoch noch eine weitere, sehr vorteilhafte und insofern zu bevorzugende Eigenschaft zum Ergebnis. Wenn ein Kunststoffmaterial, z.B. Akryl, unter Verwendung einer Metallform ausgebildet wird, so ist die auf das Bauteil ausgeübte Beanspruchung, wenn es aus der Metallform genommen wird, ein herausragender Grund für eine verminderte Maßgenauigkeit der Teile. Insbesondere tritt, wenn ein Beugungsgitter am mittleren Teil der einen Fläche einer Planparallelplatte ausgestaltet wird, bei Beendigung des Druckformvorgangs und Entfernen des Bauteils aus der Form, leicht eine Biegebeanspruchung auf, weil das Bauteil vom Beugungsgitterteil und vom Randbereich des Bauteils festgehalten wird. Das hat zur Folge, daß sogar ein geringer Unterschied in der Reibungskraft der Form oder selbst ein geringer Temperaturunterschied während des Arbeitsvorgangs dafür verantwortlich sein können, daß die Größe in der Biegung unregelmäßig verändert wird.

Um das Auftreten dieses Problems zu unterbinden, können die obere sowie untere Fläche desjenigen optischen Bauteils mit einer geeigneten Struktur oder konstruktiven Ausbildung ausgestattet werden, um dadurch zu verhindern, daß irgendeine Biegebeanspruchung dem Bauteil zuzurechnen wird. Bei Ausführungsformen gemäß der Erfindung werden an der einen Oberfläche eines einzelnen optischen Bauteils ein Beugungsgitter der Relief-Bauart und an der anderen Fläche dieses Bauteils eine asphärische Konvexlinse, die als Kollimatorobjektiv dient, ausgebildet, und während der Entnahme aus

BAD ORIGINAL

3522849

der Form wird mit Bezug auf den mittleren Teil des Bauteils eine Zugspannung erzeugt. Somit wird das Bauteil einer unzumutbaren Biegebeanspruchung nicht ausgesetzt; es wird eine Bearbeitung der optischen Bauteile mit guter Oberflächengenaugkeit erreicht.

Der optische Kopf gemäß der Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen und -beispiele begrenzt, sondern läßt Abwandlungen in seiner Ausbildung und seinen Anwendungen zu.

3522849

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

35 22 849
G 11 B 7/35
28. Juni 1985
2. Januar 1986

- 12 -
- Leerseite -

FIG. 1
Stand der Technik

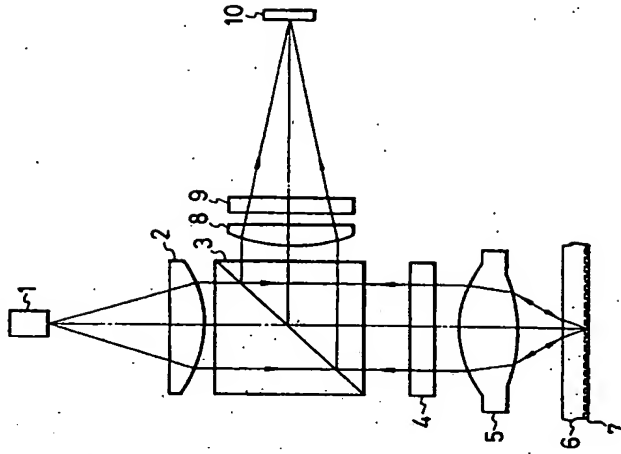


FIG. 2
Stand der Technik

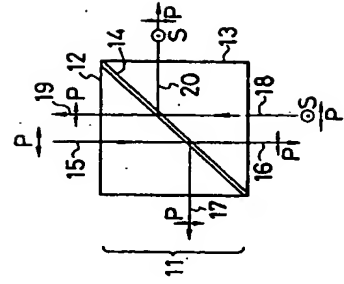


FIG. 3

Stand der Technik

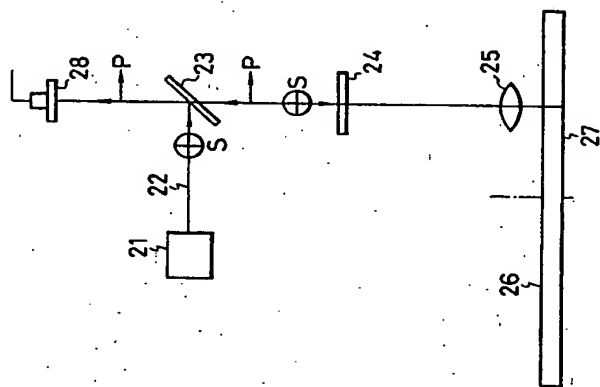


FIG. 5

Stand der Technik

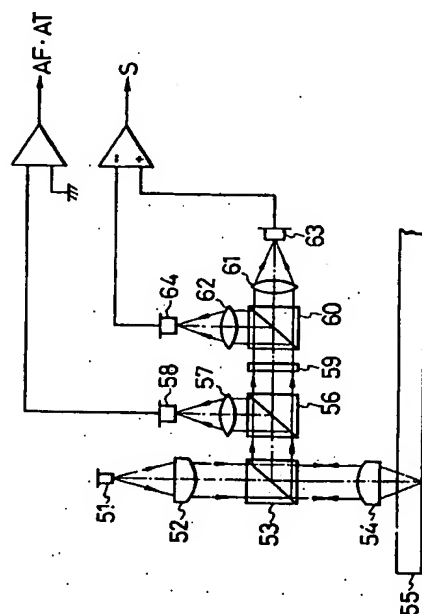


FIG. 4

Stand der Technik

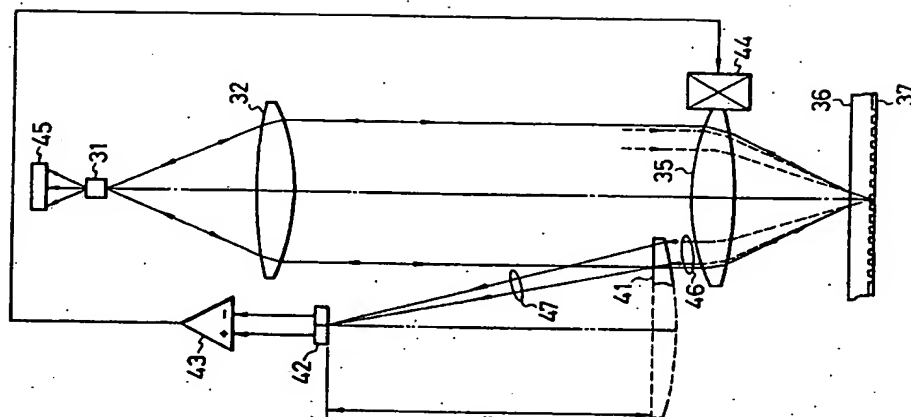


FIG. 6

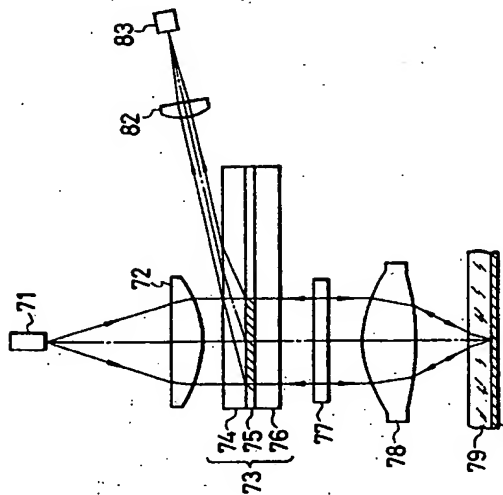


FIG. 7

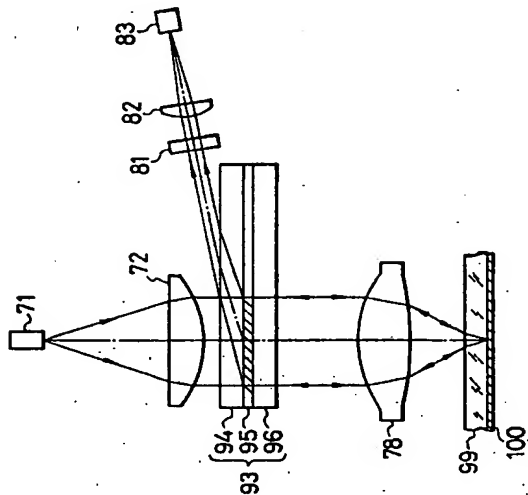


FIG. 8

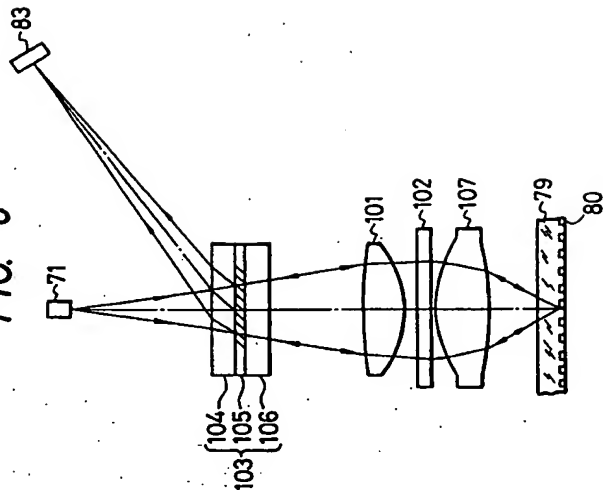


FIG. 9

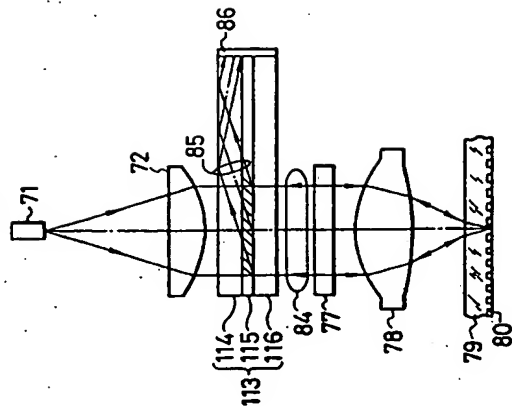


FIG. 10

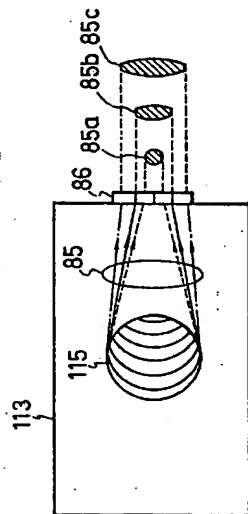


FIG. 11A FIG. 11B FIG. 11C

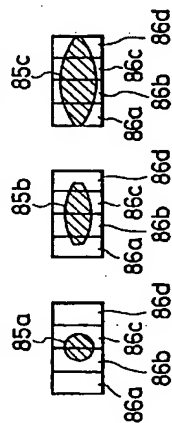


FIG. 12A

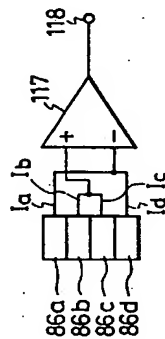


FIG. 12B

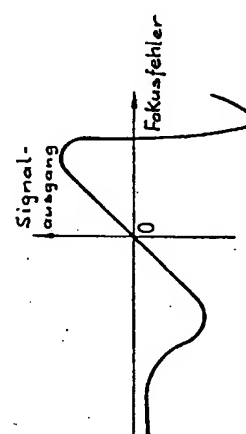


FIG. 13A

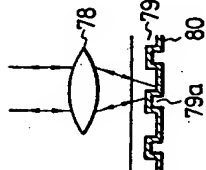


FIG. 13B

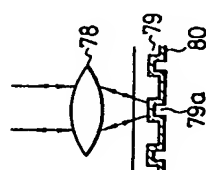


FIG. 13C

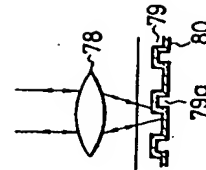


FIG. 14A

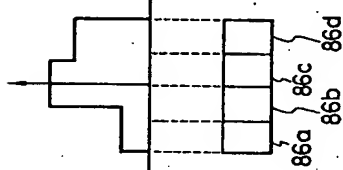


FIG. 14B

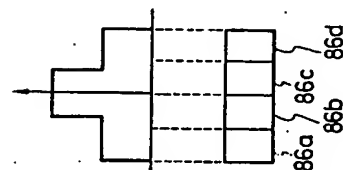


FIG. 14C

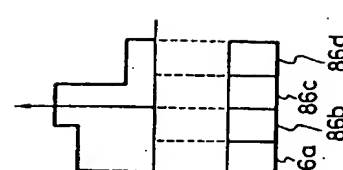


FIG. 15A

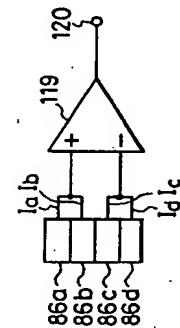


FIG. 15B

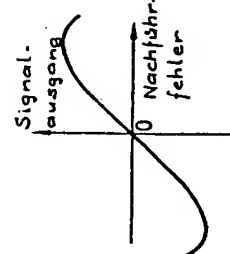


FIG. 16

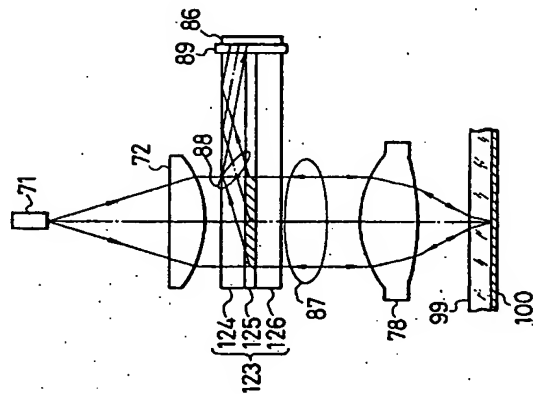


FIG. 17

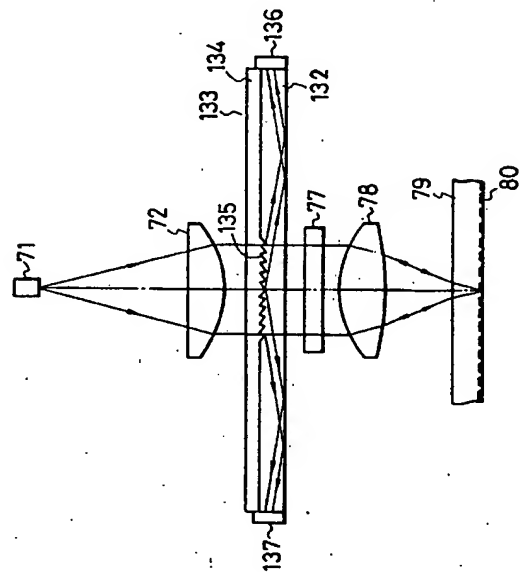


FIG. 18

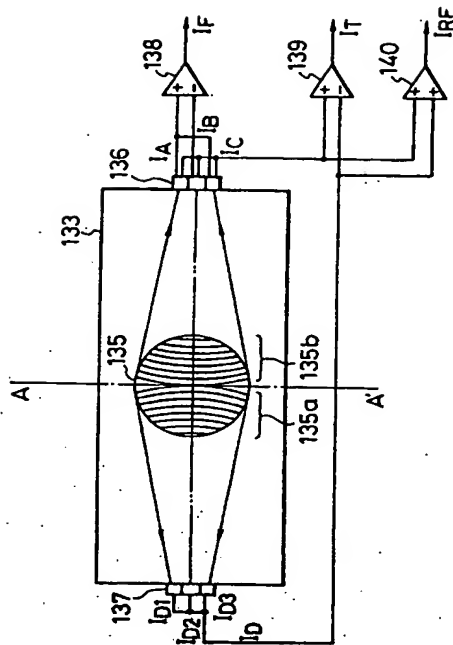


FIG. 19A

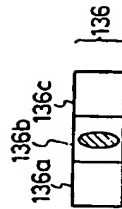


FIG. 19B

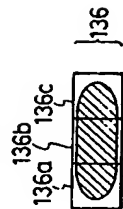


FIG. 19C

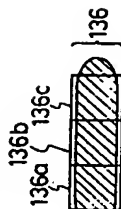


FIG. 20A

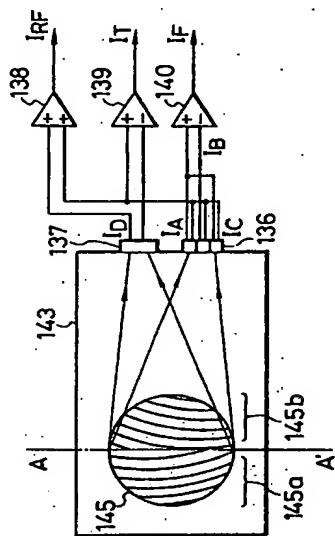


FIG. 20B

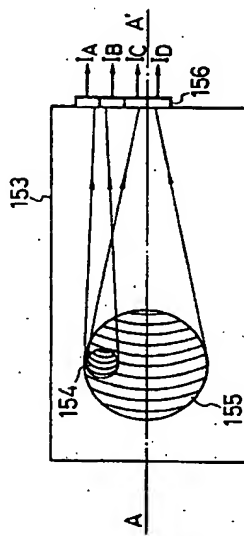
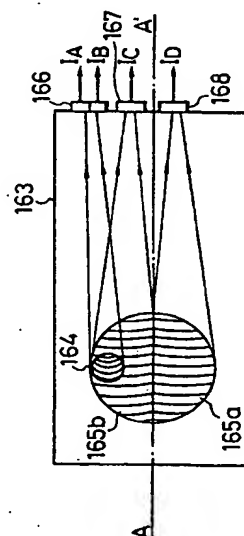


FIG. 21



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 22

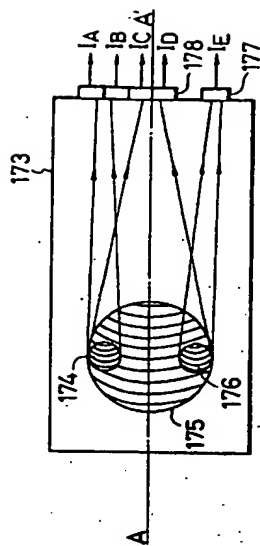


FIG. 23

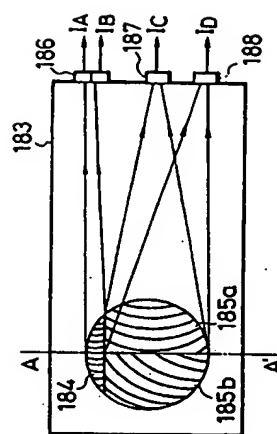
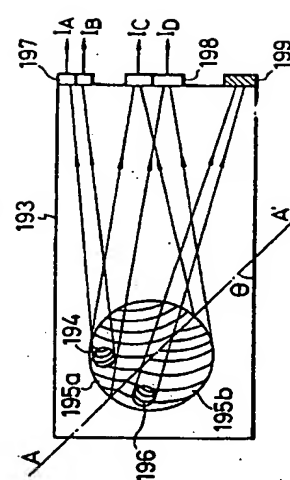


FIG. 24



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 27

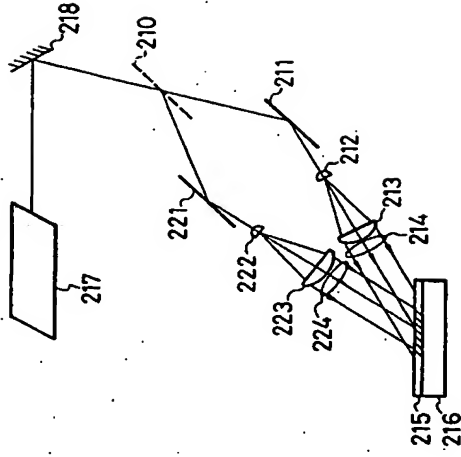


FIG. 29

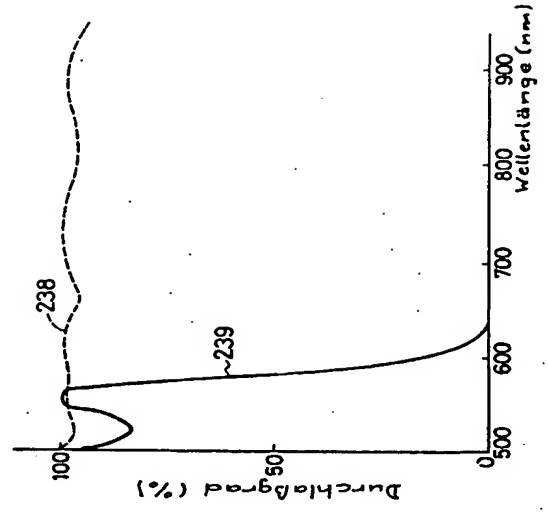


FIG. 25

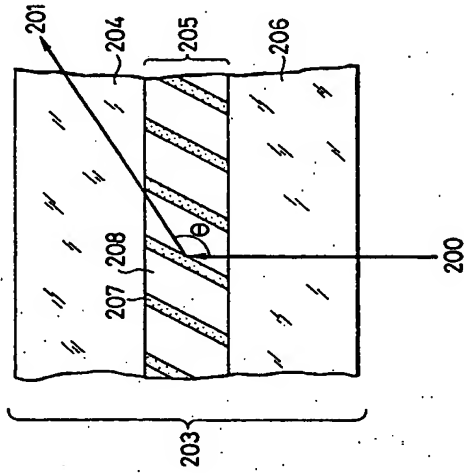


FIG. 26

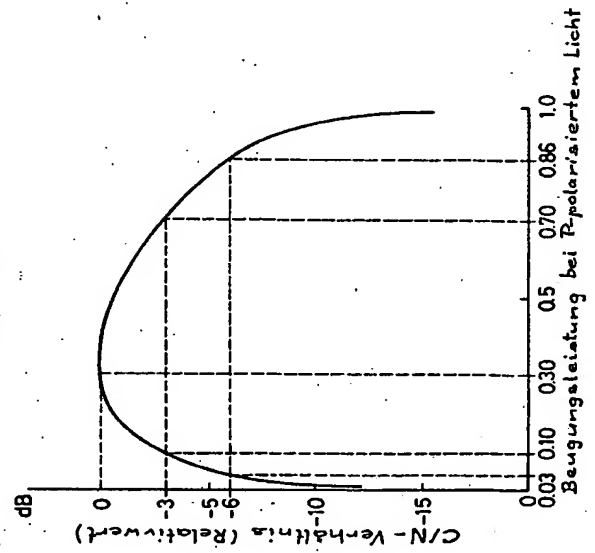


FIG. 28A

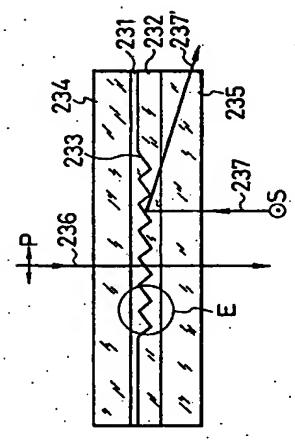


FIG. 28B

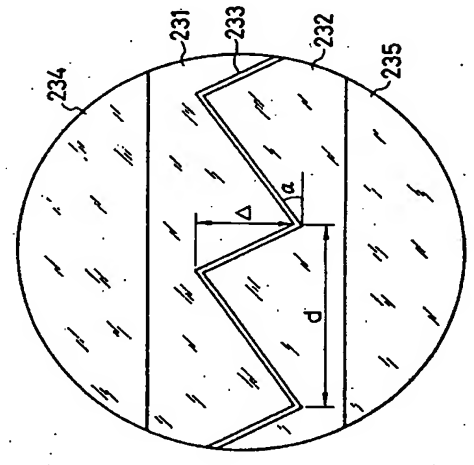


FIG. 30

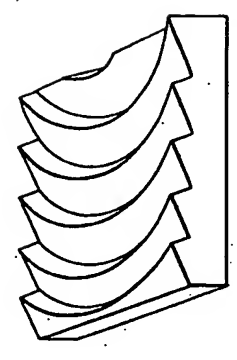


FIG. 31

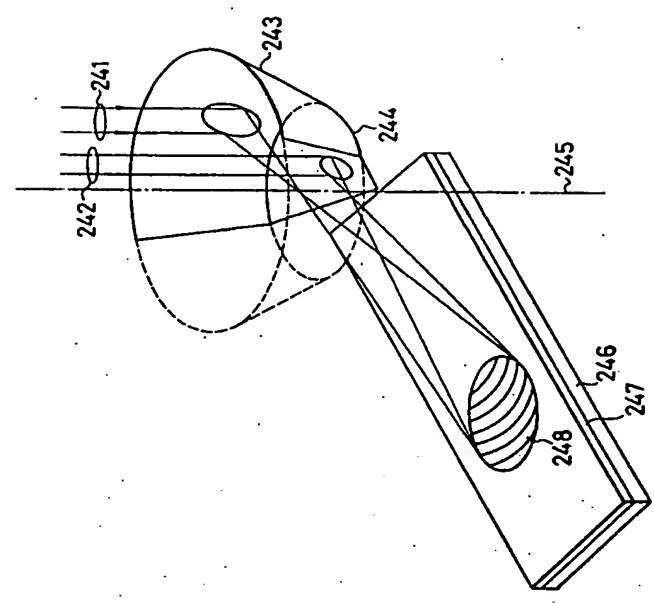


FIG. 32

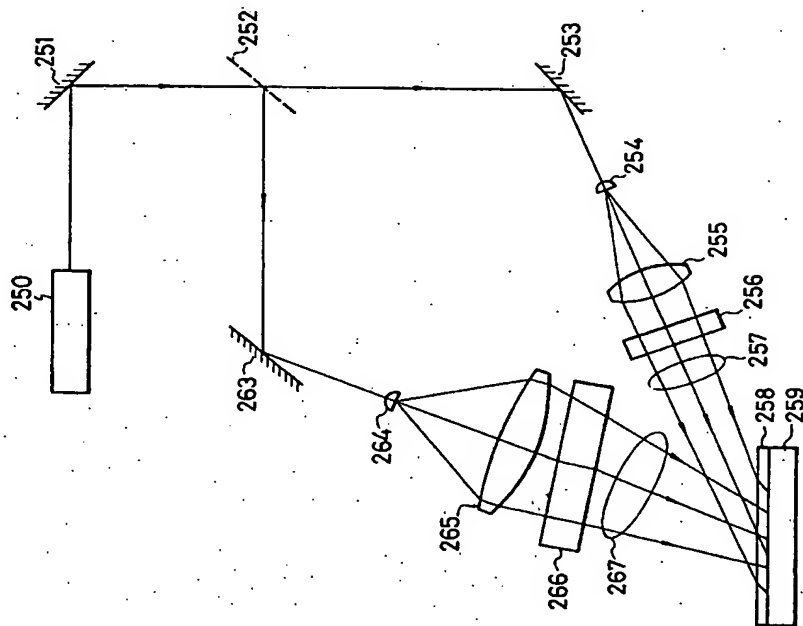


FIG. 33

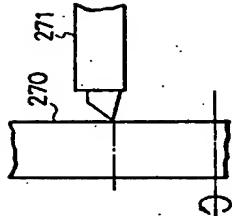


FIG. 34A



FIG. 34B

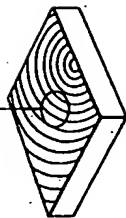


FIG. 35

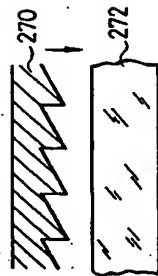


FIG. 36



FIG. 37

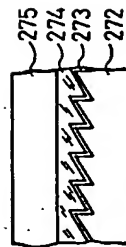


FIG. 38A

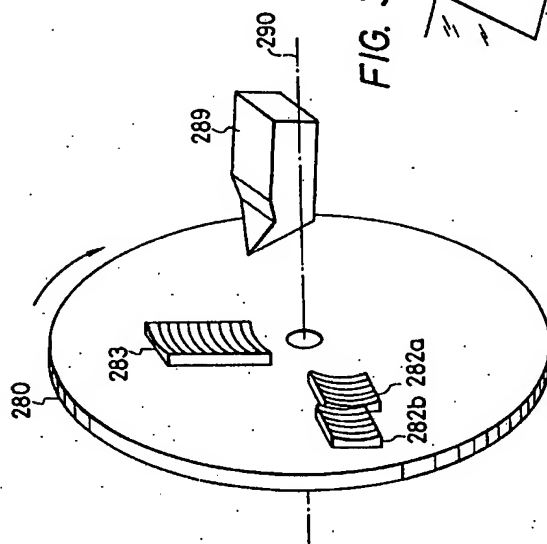


FIG. 38B



FIG. 39

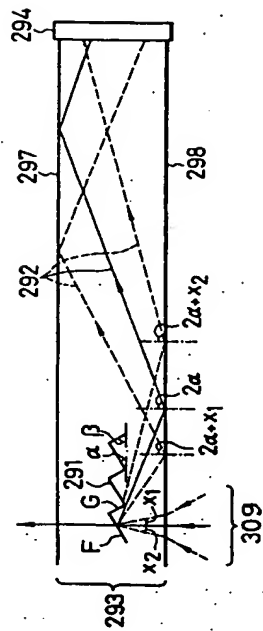


FIG. 40

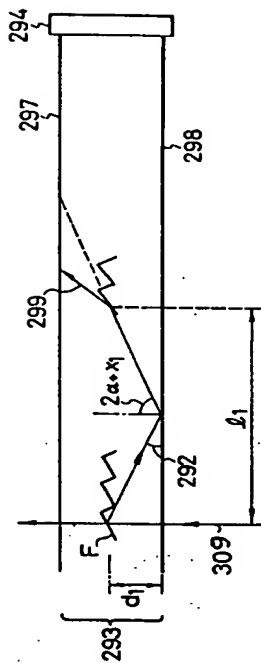


FIG. 41

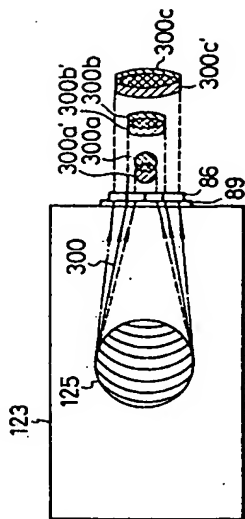


FIG. 42A FIG. 42B FIG. 42C

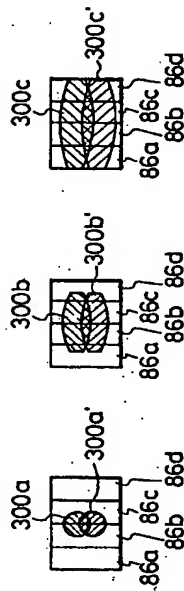


FIG. 43A

FIG. 43B

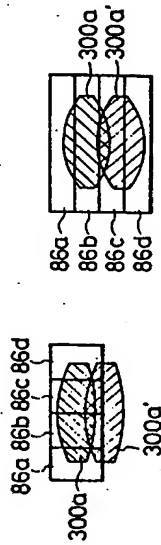


FIG. 44

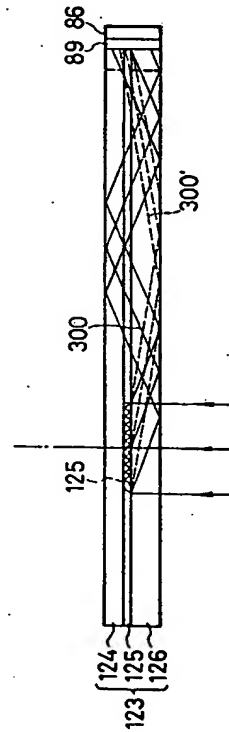


FIG. 45

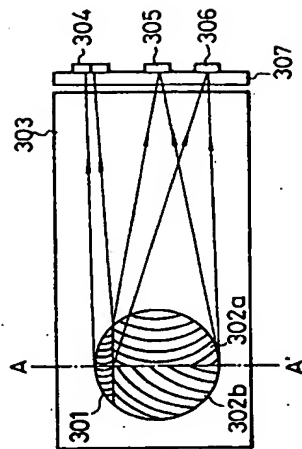


FIG. 46

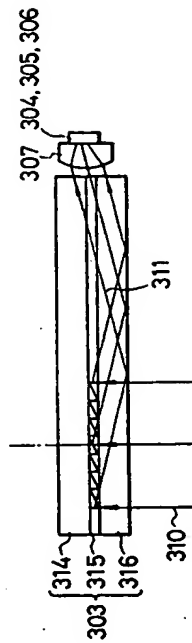


FIG. 47

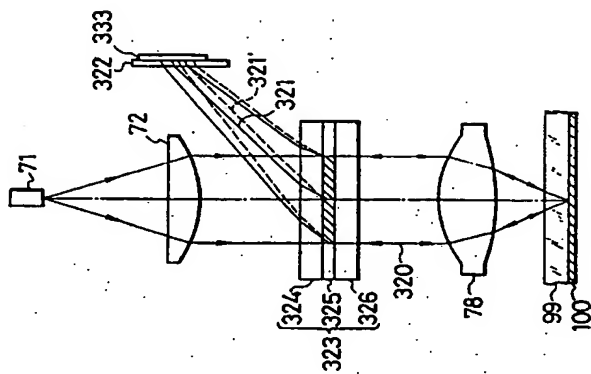


FIG. 48

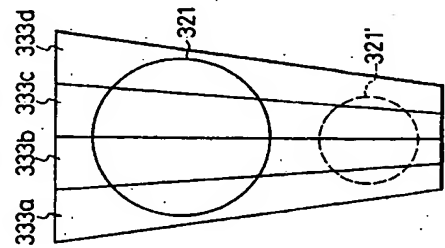


FIG. 49

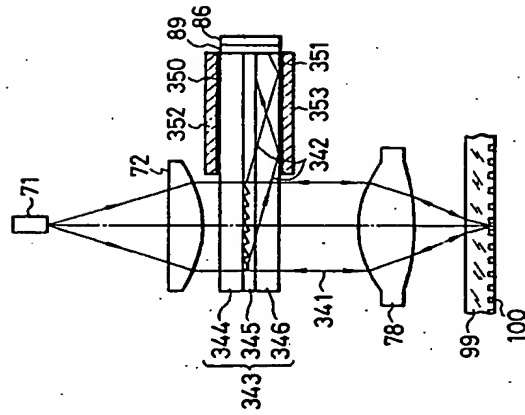


FIG. 50

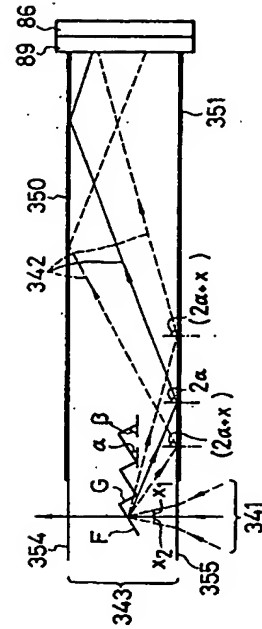


FIG. 51

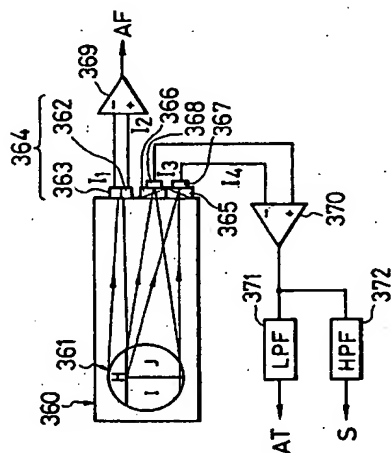


FIG. 54

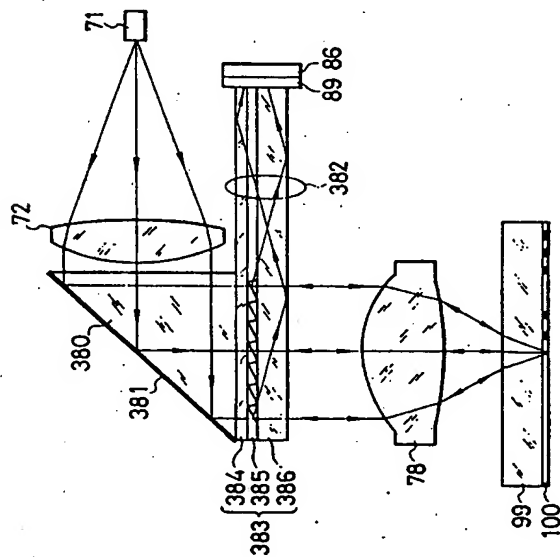


FIG. 52A

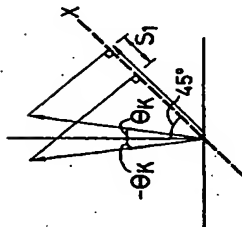


FIG. 52B

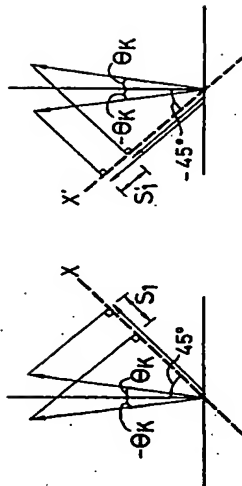


FIG. 53A

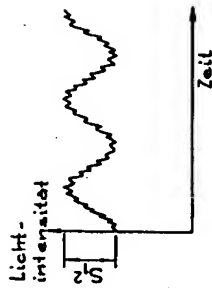


FIG. 53B



FIG. 53C

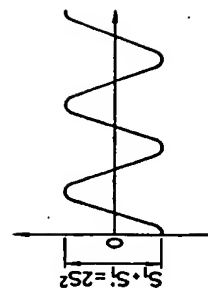


FIG. 55

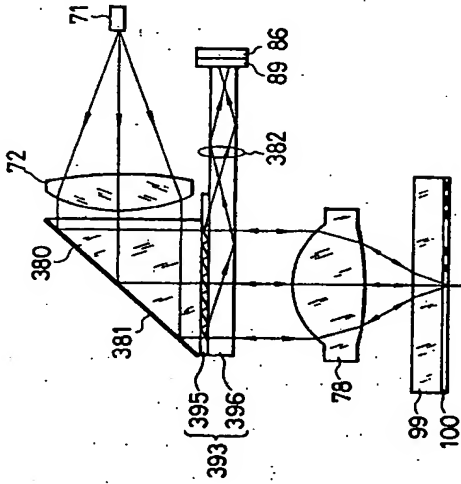


FIG. 56

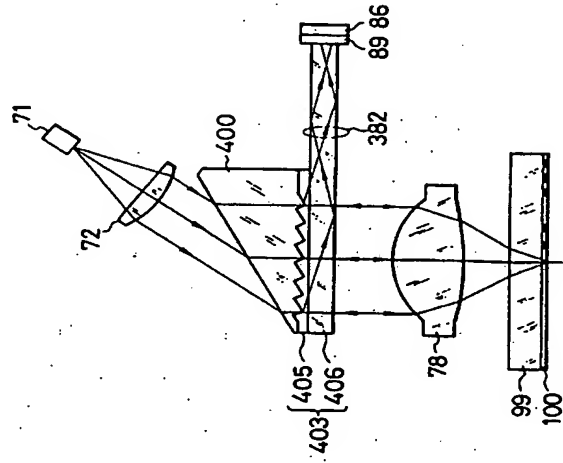


FIG. 57

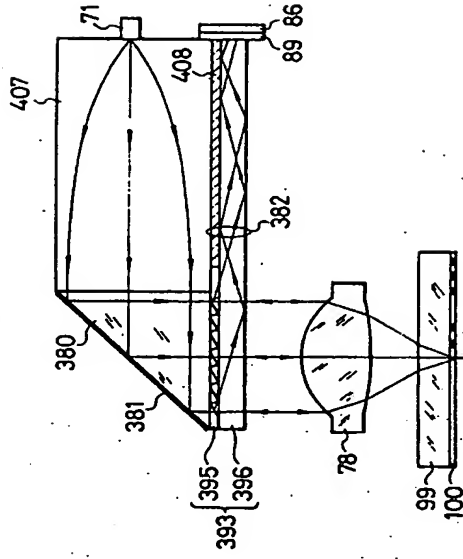


FIG. 58

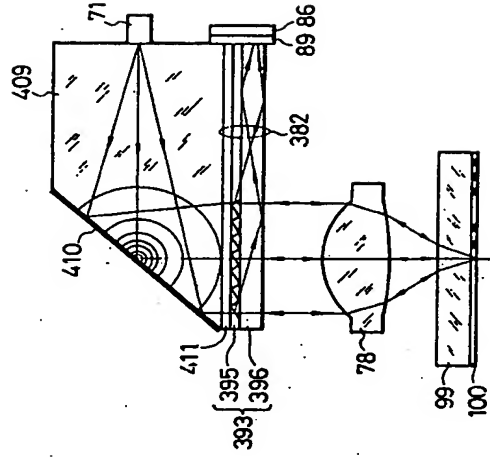


FIG. 59

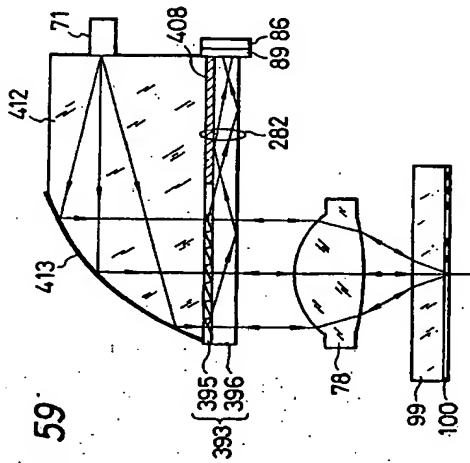


FIG. 60

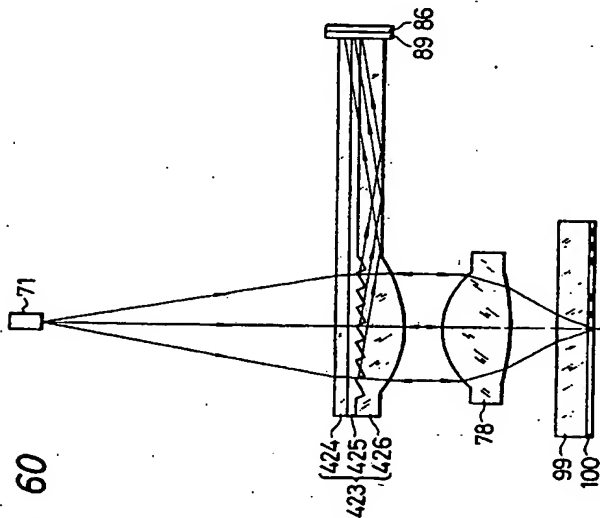


FIG. 61

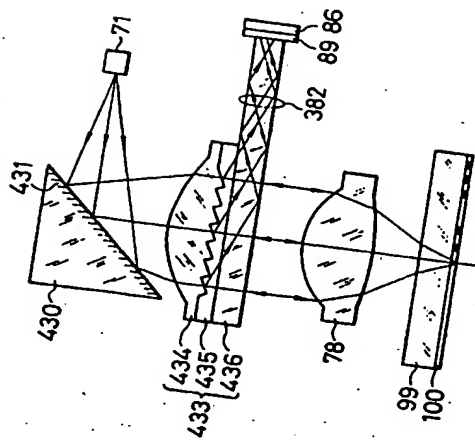


FIG. 62

